

« Universidad de Lleida »

# Estudio y propuesta de una rehabilitación energética de un edificio unifamiliar con criterios **PASIVOS** de **la ARQUITECTURA BIOCLIMÁTICA**

Autor: Mykhaylo Gusak

Tutor: J.M. Burgués

Convocatoria: 2017





## Resumen

El objetivo de este trabajo es, analiza el comportamiento energético de un edificio unifamiliar ubicado en Lleida.

El trabajo está dividido en dos partes. La primera parte, consiste en dar a conocer los conceptos básicos de diseño pasivo de la arquitectura bioclimática. Mientras que la segunda parte, consisten en aplicar estos conceptos en la práctica.

Durante el trabajo presentaremos algunas mejoras pasivas para el edificio y elegiremos las mejores para la aplicación en la rehabilitación. Para el análisis energético de cada principio propuesto, utilizaremos el programa CYPECAD MEP. Además, este software nos permitirá determinar, al inicio del trabajo, las pérdidas energéticas de la vivienda en su estado de origen, y al final del trabajo, en su estado ya rehabilitado.

Finalmente, compararemos los resultados obtenidos y determinando el coste de la rehabilitación, calcularemos el periodo de amortización de la inversión. Este periodo nos dirá si realmente ha sido efectiva la rehabilitación energética.

**Palabras claves:** Diseño pasivo, arquitectura bioclimática, rehabilitación energética.



## Índice

Introducción .....	5
Arquitectura bioclimática.....	7
Clima.....	7
Clasificación climática .....	8
Microclima.....	8
Rehabilitación energética.....	9
Transmitancia térmica (Valor-U).....	9
Calculo.....	9
Objetivos .....	11
PARTE I: Principios Básicos .....	12
1.    Introducción .....	13
2.    Orientación.....	14
2.1.    Solsticios.....	14
2.2.    Equinoccios.....	15
2.3.    Carta solar estereográfica .....	16
2.4.    En la practica .....	17
3.    Compacidad.....	17
4.    Protección solar.....	18
4.1.    Fijas.....	18
4.2.    Móviles (adaptables) .....	18
4.3.    Color .....	19
4.4.    Factor Fc .....	19
5.    Calidad de la envolvente térmica opaca .....	20
5.1.    Aislamiento térmico .....	20
5.2.    Estanqueidad de la envolvente .....	21
5.3.    Reflectividad solar .....	21
5.4.    Inercia térmica .....	22
5.5.    Puentes térmicos.....	22
6.    Calidad de la envolvente térmica transparente.....	23
6.1.    El marco.....	23
6.1.1.    Marco de madera .....	23
6.1.2.    Marco de PVC.....	24



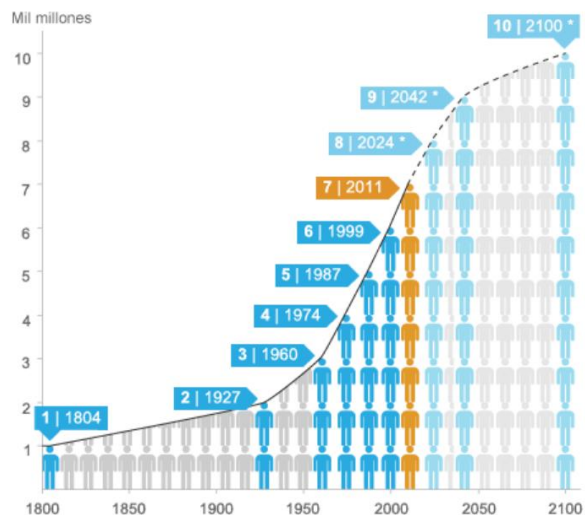
6.1.3.	Marco de aluminio .....	24
6.1.4.	Marco combinado o híbridos .....	25
6.2.	Ruptura de puente térmico.....	26
6.3.	Vidrios.....	26
6.3.1.	Vidrios monolíticos.....	26
6.3.2.	Vidrios con cámara de aire o doble acristalamiento .....	27
6.3.3.	Vidrios de baja emisividad térmica .....	28
6.3.4.	Vidrios de control solar .....	28
6.3.5.	Tabla de resumen .....	29
7.	Ventilación.....	29
7.1.	Ventilación natural .....	29
7.2.	Conceptos singulares pasivos.....	30
8.	Vegetación.....	32
8.1.	Estrategias prácticas de aplicación.....	32
8.1.1.	Sistema pasivo de enfriamiento por evaporación .....	32
8.1.2.	Sistema de protección solar mediante vegetación .....	32
8.1.3.	Cubierta vegetal, ajardinada o verde .....	33
8.1.4.	Muros vegetales .....	34
8.1.5.	Fachadas vegetales.....	34
8.1.6.	Paredes vivas o jardines verticales.....	35
8.1.7.	Propiedades y características .....	35



## Introducción

La abundancia de los trabajos científicos, la innovación tecnológica y técnica ha brindado a la humanidad una oportunidad de disfrutar más de la vida, elevando tanto la esperanza de vida como la calidad de la misma.

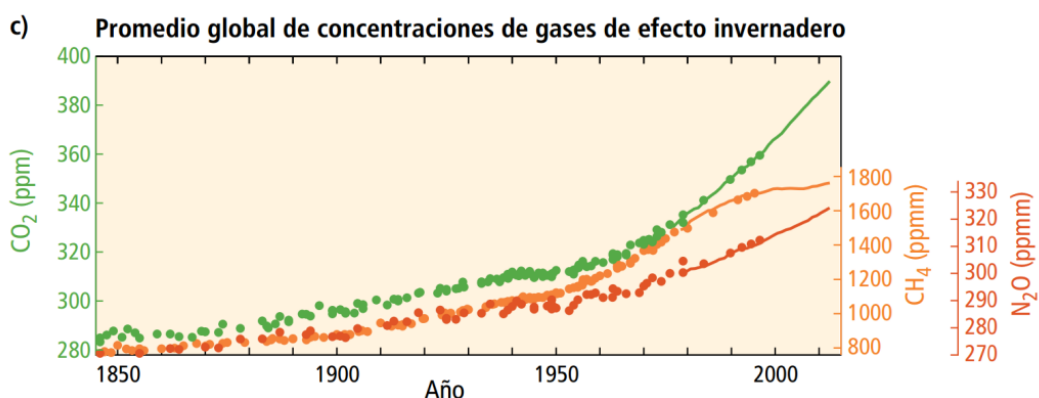
Todo este progreso ha influenciado considerablemente en la velocidad con la que ha aumentado la población mundial en las últimas décadas, ha pasado de los casi 1000 millones de habitantes que había en 1800 a los más de 6000 millones en tan solo 200 años. El 30 de octubre de 2011 se alcanzaron los 7000 millones, y en diciembre de 2016 superaron los 7400 millones de habitantes.



Según estos datos, vemos que el crecimiento ha sido rápido, pero también vemos que cada vez va reduciéndose. La línea de previsión de crecimiento de la población ilustrada en el gráfico superior cambia de ángulo y va adquiriendo una verticalidad mayor comparando con otros años de crecimiento espontáneo. Pero dicho dato no quita el hecho de que la crecida cantidad actual de los habitantes es casi ocho veces más grande que en los, no muy lejanos, años ochenta.

Dichos crecimiento demográfico y aumento de la esperanza de la vida crearon nuevas necesidades requeridas por la sociedad, que, en su vez, se vieron reflejadas en el crecimiento de consumo energético y agua potable. Como resultado de dicho crecimiento, se ha ido aumentando la concentración de gases de efecto invernadero.

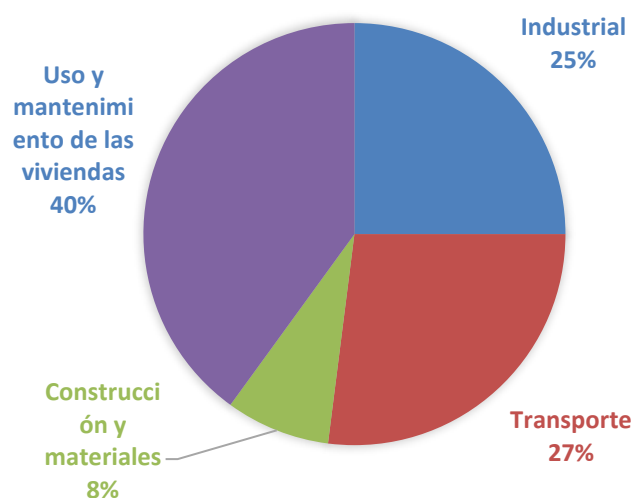
En el gráfico anterior, podemos ver la representación del aumento de la concentración de gases de efecto invernadero a largo de 200 años, empezando por el 1850 y acabado con una previsión hasta el año 2150.





Empezando desde el año 1980, entendiendo el peligro causado por diversas crisis medioambientales, contaminación atmosférica y de las aguas que resulta del uso de los combustibles fósiles para generar la energía requerida por la sociedad, surgió el movimiento ecológico y apareció el concepto del “desarrollo sostenible”, se determinó un nuevo vector de evolución de puntos de vista sociales, y como consecuencia de la industria de la construcción. La solución de problemas ecológicos, incluyendo la conservación de los recursos, efecto antropológico sobre el estado de la naturaleza y otros aspectos, requiere examinación compleja de la situación y determinación de las tendencias de reorganización del estado de la arquitectura actual.

Desarrollo sostenible, es un término que no tenía una clara definición, cada uno lo interpretaba de una forma individual. Pero en el año 1987, después de informe de ONU que enfrenta el tema de desarrollo económico junto el de sostenibilidad ambiental llamado “Nuestro Futuro Común” (Our Common Future) , fue definido con un concepto más actual como « *la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades* » ( *Sustainable development is development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs* ).



Datos del Sistema de Información Energética de Estados Unidos indican que la construcción es responsable de casi la mitad (48 %) de las emisiones totales anuales de gases de efecto invernadero del país, en ámbito global inculco superior. Estos consumos energéticos no pueden atribuirse a los materiales o procesos de construcción, sino al propio uso y mantenimiento de los edificios, como la calefacción, la climatización o la iluminación. Esto implica que, para reducir el consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero generadas por el uso y el mantenimiento del edificio a lo largo de toda su vida útil, es preciso proyectar o rehabilitar los edificios utilizando criterios de arquitectura bioclimática.



# Arquitectura bioclimática

*“La arquitectura bioclimática representa el empleo y uso de materiales y sustancias con criterios de sostenibilidad, es decir, sin poner en riesgo su uso por generaciones futuras, representa el concepto de gestión energética optima de los edificios [...]”*

J. Neila Gonzáles, 2004

De esta manera define el concepto confuso de la actualidad como “arquitectura bioclimática”, “arquitectura sostenible” o “diseño bioclimático”. Pero el criterio más importante que define este concepto es la necesidad de conseguir con un mínimo de energía un máximo de confort lumínico, térmico, acústico o comodidad en la vivienda, adecuando el diseño, la geométrica, la orientación y la construcción del edificio a las condiciones climáticas de su entorno.

A través de un análisis del clima y un apropiado diseño del edificio se puede conseguir reducir al máximo el consumo necesario aprovechando los recursos del clima, haciendo que el consumo general de la vivienda sea el mínimo posible o incluso cero. Sin embargo, este concepto ha sido utilizado a lo largo de toda la historia, adaptando y acondicionando las viviendas al clima donde se ubican.

## Clima

El clima de un lugar es la combinación compleja de distintos elementos, parámetros y factores determinantes. De todos ellos, la radiación solar es el factor fundamental, al fin y al cabo clima viene del griego “**klima**” que quiere decir “inclinación”, haciendo referencia a la inclinación de los rayos solares. La radiación solar, una vez absorbida por la superficie de la Tierra, calienta el aire a mayor o menor temperatura. Por otro lado, al incidir sobre las superficies de agua las evapora en parte, provocando distintos grados de humedad, nubosidad y pluviometría. Finalmente, debido al recalentamiento desigual de la superficie de la Tierra, se producen movimientos desequilibrados de masas de aire, dando lugar a los vientos. En menor medida también influye en la composición atmosférica, provocando reacciones químicas en los gases que componen o contaminan la atmosfera.

El clima de un lugar, que es el conjunto de fenómenos meteorológicos que caracterizan el estado medio de la atmosfera, queda determinado por los denominados factores climáticos. Los factores climáticos inalterables del lugar, propias de la ubicación, que darán lugar a los elementos climáticos más evidentes, como la temperatura, la humedad, pluviosidad, etc.



## Clasificación climática

No existe una única clasificación de los climas, más bien, existen innumerables formas de clasificación, basadas en criterios diferentes. Esto es debido a que la clasificación de los climas no puede estar sujeta a premisas excesivamente ortodoxas, sino más bien a las necesidades concretas, a las circunstancias del momento o a determinados objetivos. No existen, por tanto, bases fijas que permitan señalar una clasificación climática como mejor y otra como peor, más bien, a las más adecuadas o no para una determinada aplicación. Es verdad, que en la actualidad el mejor conocimiento del clima a través de sus elementos climáticos, pero también a través de sus factores climáticos, sobre todo movimiento general de la atmósfera permite elaborar clasificaciones climáticas más precisas y ajustadas a los objetivos iniciales.



Según el Malte-Brun (1868), podemos clasificar los climas según criterios higrotérmicos, con dos parámetros principales como la temperatura y la humedad. En la ilustración podemos ver cómo podemos dividir en función de esto dos parámetros los climas en cuatro tipos:

1. **Clima cálido y seco**
2. **Clima cálido y húmedo**
3. **Clima frío y seco**
4. **Clima frío y húmedo**

## Microclima

Se llama microclima al clima de características diferentes a las del resto de la zona en donde se encuentra. Se trata de una serie de variables atmosféricas que distinguen una zona o espacio medianamente reducido.

El microclima también depende de la existencia de otra serie de variables que lo caracterizan, como ejemplo: la temperatura, altitud-latitud, topografía, humedad, vegetación y luz.

Incluso existen los microclimas artificiales. Estos microclimas se generan especialmente en las zonas urbanas como consecuencia de los gases emitidos y del calor, los que producen un efecto invernadero.





## Rehabilitación energética

Una **rehabilitación energética** es una **rehabilitación** que tiene por objetivo la reducción de consumo energético de la vivienda final.

En este tipo de intervenciones se interviene en la envolvente del edificio (cubierta, fachadas, carpinterías exteriores) y también sobre las instalaciones (refrigeración, calefacción, iluminación y etc.).

## Transmitancia térmica (Valor-U)

La transmitancia térmica, también llamado como Valor-U, es la cantidad de energía que atraviesa, en la unidad de tiempo, una unidad de superficie de un elemento constructivo de caras plano paralelas cuando entre dichas caras hay un gradiente térmico unidad. Se emplea para expresar la capacidad aislante de un elemento constructivo en particular. Se mide en unidades **W/m<sup>2</sup>K** o **W/m<sup>2</sup>°C**.

### Calculo

Para su cálculo, hemos de conocer todos los materiales por los que está compuesta la envolvente y su resistencia térmica. La resistencia térmica es la inversa de la transmitancia térmica.

La transmitancia térmica U (W/m<sup>2</sup> ·K) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_t}$$

R<sub>T</sub> la resistencia térmica total del componente constructivo [m<sup>2</sup> ·K/ W].

$$U = \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{s_i} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{s_e}}$$

siendo,

**R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>...R<sub>n</sub>** las resistencias térmicas de cada capa definidas según la expresión (3) [m<sup>2</sup> ·K/ W].  
**R<sub>si</sub>** y **R<sub>se</sub>** las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla 1 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [m<sup>2</sup> ·K/ W].

En caso de un componente constituido por capas homogéneas y heterogéneas la resistencia térmica total RT se calcula mediante el procedimiento descrito en el apartado 3.

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R_j = \frac{e_j}{\lambda_j}$$

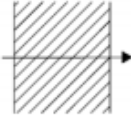

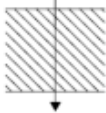


siendo,

$e_j$  el espesor de la capa [m]. En caso de una capa de espesor variable se considera el espesor medio;

$\lambda_j$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, que se puede calcular a partir de los valores térmicos declarados según la norma UNEEN 10456:2012.

**Tabla 1 Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $m^2 \cdot K / W$**

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17



## Objetivos

El objetivo de este trabajo final de grado consiste en dar a conocer los sistemas pasivos actualmente existentes de la arquitectura bioclimática, que actúan reduciendo las pérdidas de la envolvente térmica de las viviendas.

Seguidamente, aplicar dichos conceptos en la práctica mostrando un ejemplo de una rehabilitación energético de una vivienda ubicada en ciudad Lleida. Utilizando programa Revit, realizar el levantamiento del prototipo digital del edificio.

Continuando, realizar otro prototipo digital en el programa CYPECAD MEP, introduciendo todos los datos técnicos de la vivienda elegida, con el fin de determinar las pérdidas energéticas y las demandas de calefacción y refrigeración.

Luego, proponer unas medidas de mejora, basándonos en los conceptos de diseño pasivo de la arquitectura bioclimática y determinar su efectividad mediante el cálculo de las demandas finales de calefacción y refrigeración.

A partir de los resultados de las propuestas realizadas, determinar los componentes más óptimos para integrar en el proyecto de rehabilitación energética y crear otra copia digital con las características elegidas.

Acto seguido, comparar los resultados de las demandas de calefacción y refrigeración, de la copia en el estado original y rehabilitado.

Finalmente, determinar la efectividad en forma de periodo de amortización de la inversión realizada.



## PARTE I:

### Principios básicos del diseño pasivo

---



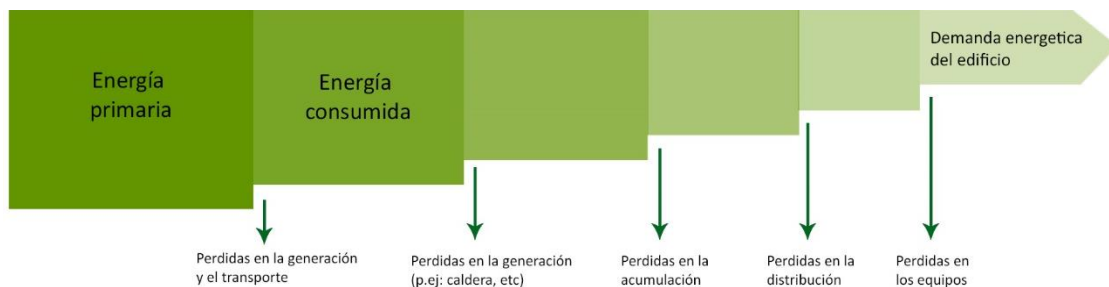
# 1. Introducción

Para alcanzar el objetivo principal de reducir la huella ecológica y minimizar los impactos más significativos que provoca el sector residencial sobre el entorno natural, hemos de actuar sobre la causa más influyente de dicho ámbito, que es el de consumo de energía que generan las viviendas. Según el grupo de trabajo Sustainable Building Alliance (SBA), dicho consumo se rige por diversos criterios, de los cuales los más relevantes son:

- a) Consumo de energía para calefacción y refrigeración.
- b) Consumo de energía para agua caliente sanitaria.
- c) Consumo de energía eléctrica (sin tener en cuenta la calefacción y refrigeración)
- d) Consumo de agua potable.
- e) Consumo de agua no potable (en usos de riego y otros).

Dichos consumos, emitiendo gases nocivos, dañan el medioambiente reduciendo los recursos no renovables del planeta y deterioran las condiciones de salud e higiene de los edificios. Bajo estos criterios, el que más impacto ecológico tiene es el consumo de energía para *calefacción y refrigeración*.

El consumo de energía para la climatización de un edificio depende de la calidad pasiva de este y de la eficiencia de sistemas activos de calefacción y refrigeración, que en su vez se compone de los rendimientos del sistema de generación, distribución, acumulación y de los propios terminales de suministro de energía. En su vez la calidad pasiva del edificio se caracteriza por la demanda de energía de un edificio para su calefacción y refrigeración. Dicha demanda básicamente se compone por los siguientes cuatro componentes:



- a) **Perdidas a través de la envolvente térmica:** pérdidas producidas por el intercambio de energía entre el exterior y el interior del edificio debida a la conducción, convección y la radiación de calor.
- b) **Perdidas por ventilación a través de la envolvente térmica:** pérdidas energéticas producidas por mala estanquidad de la envolvente del edificio.
- c) **Ganancias a través de la radiación solar:** generación de calor debido a la diferencia de temperatura superficial de la envolvente y la atmosfera exterior, y la radiación solar directa o indirecta.
- d) **Ganancias debido a la producción de calor interno:** generación de calor por los cuerpos humanos, equipos de la iluminación, electrodomésticos y otros factores.



Para lograr reducir estos cuatro componentes energéticos tendremos que recurrir a estrategias de diseño de pasivo, llamado de otra manera como “*Arquitectura Bioclimática*”.

Dicho método consiste en el diseño de edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas del entorno y aprovechado los recursos disponibles de clima donde se ubica la edificación.

Los principios básicos pasivos de “*Arquitectura Bioclimática*” que afectan en grande medida al consumo de un edificio, son:

- **Orientación**
- **Compacidad**
- **Protección solar**
- **Calidad de la envolvente térmica opaca**
- **Calidad de la envolvente térmica transparente**
- **Ventilación**
- **Vegetación**

A continuación, procederemos a analizar cada uno de estos principios:

## 2. Orientación

La orientación de un edificio es un concepto fundamental para un correcto funcionamiento del mismo. Teniendo en cuenta dicho factor podemos conseguir una alta eficiencia energética y un consumo muy reducido, de esta manera obteniendo un ahorro económico considerable.

Dicho factor tiene una característica fundamental, de la que depende en su totalidad, que es la posición del Sol y el ángulo de la inclinación de sus rayos. A la hora de diseñar una edificación y definir los espacios interiores, estos dos parámetros juegan un papel de mucha importancia, ya que permiten adaptarlos y conseguir el confort óptimo en el interior de la vivienda.

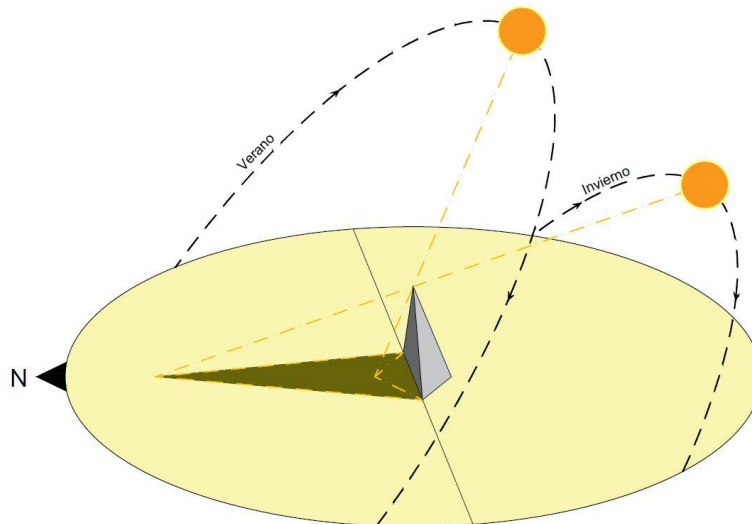
En su vez, estos parámetros, básicamente dependen de la hora y de la fecha en la que nos encontramos. Actualmente existen dos conceptos que nos permitirían entender el movimiento solar anual: el solsticio y el equinoccio.

### 2.1. Solsticios

Los solsticios, son los momentos del año en los que el Sol alcanza su mayor o menor altura aparente en el cielo, y la duración del día o de la noche son las máximas del año. Esto ocurre dos veces al año: el 20 o el 21 de junio el día es el más largo del año, y el 21 o el 22 de diciembre la noche es más larga del año.



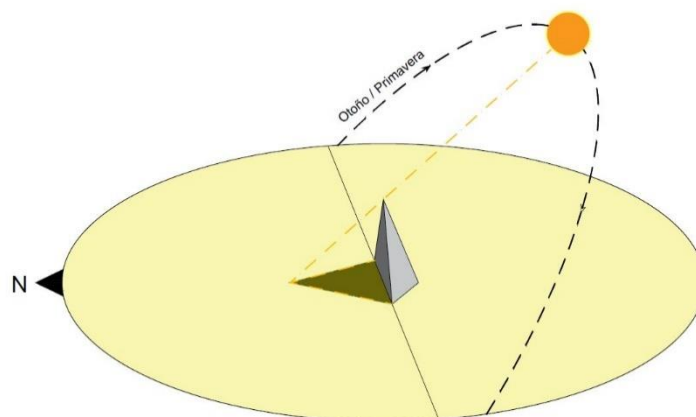
En la ilustración inferior podemos observar dos recorridos, uno perteneciente al verano y el otro al invierno. Vemos que el recorrido del verano es mucho más largo, y por lo tanto duradero, y la posición del sol es mucho más elevada. Esto quiere decir que en verano el día dura mucho más que en invierno y el ángulo de los rayos solares es mucho más elevado.



## 2.2. Equinoccios

Los equinoccios, son los momentos del año en los que el Sol está situado en el plano del ecuador, y la duración del día y de la noche son iguales. También ocurre dos veces al año: el 20 o 21 de marzo y el 22 o 23 de septiembre.

En la ilustración inferior podemos observar un único recorrido que pertenece a dos fechas totalmente opuestas. Esto quiere decir que en estas fechas el día y la noche van a durar lo mismo y el ángulo de los rayos solares va a ser igual.



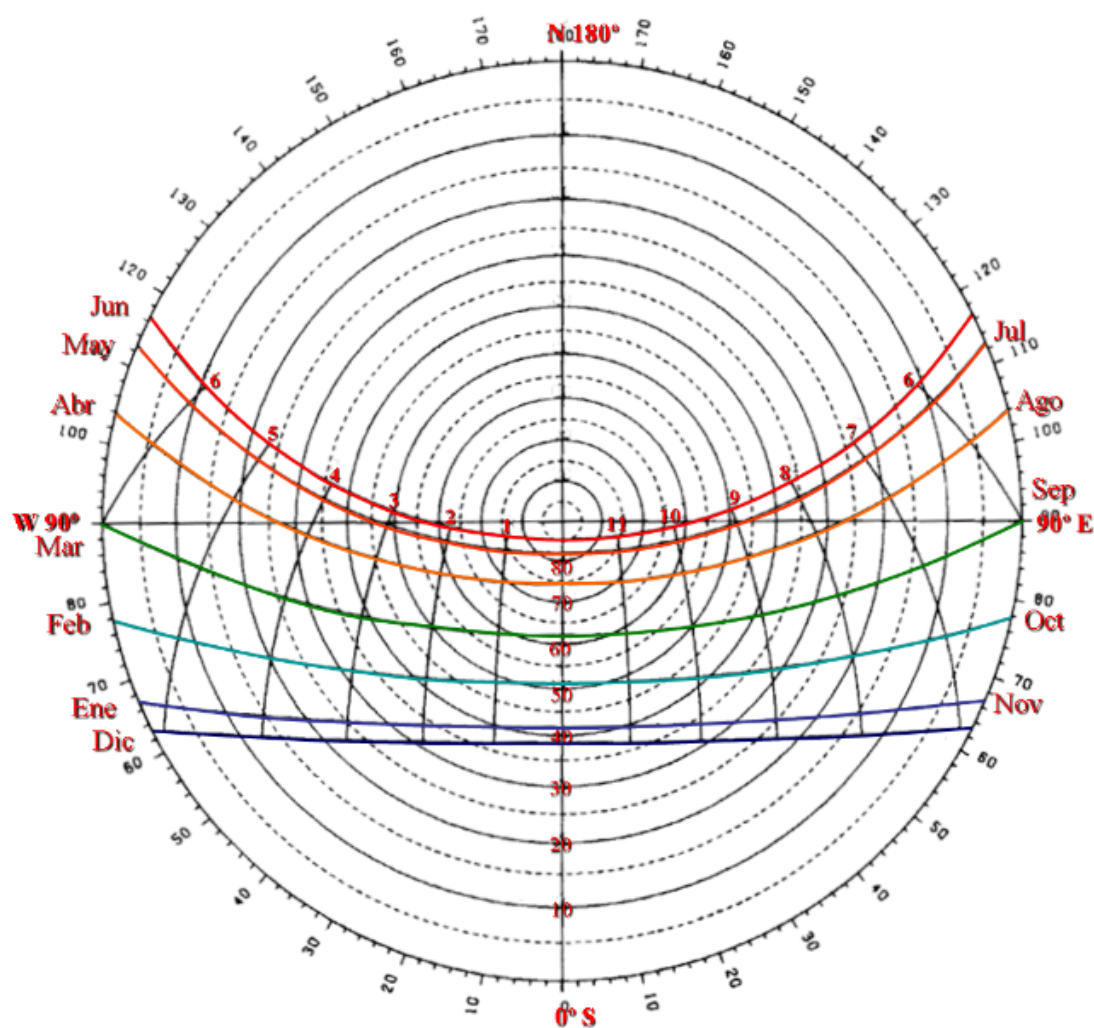
Vistos estos conceptos podemos adaptar de una manera más eficaz la vivienda al Sol y sacar más rendimiento del mismo, realizando una correcta distribución aprovechando al máximo la



luz diurna y el calor que nos brinda, ya que es la fuente principal y la más importante de la energía sostenible en la Tierra y criterio más importante de arquitectura bioclimática.

### 2.3. Carta solar estereográfica

Es una herramienta muy simple que reúne toda la información sobre el movimiento solar durante todo el año, su posicionamiento y el ángulo de inclinación de sus rayos, para una latitud dada, y permite determinar todos estos datos para una fecha concreta. Dentro del método de proyección grafica existen varios tipos cartas solare: estereográfico, ortogonal, gnómico y cilíndrico.



Esta herramienta resulta muy útil en el diseño bioclimático y permite determinar todos los datos de una manera muy sencilla.





## 2.4. En la práctica

**Orientación Sur:** permite aprovechar al máximo la radiación solar ya que el Sol incide durante todo el día en invierno, primavera y otoño. Por esta razón, sería utilizar como la fachada principal con grandes oberturas, esto permitiría aprovechar la luz natural y la radiación, de este modo aportaría en abundancia de iluminación y calentamiento natural. Desde punto de vista de la distribución, sería interesante colocar en orientados a Sud estaciones de día como: sala de estar, habitaciones, cocina, etc.

**Orientación Este:** en este caso nos encontramos en una posición similar a la de la orientación Sur, pero con diferencia de que el Sol aporta radiación desde las primeras horas del día hasta el mediodía. Esto nos permite aprovechar la radiación durante primeras horas del día. Por esta razón también hemos controladas las oberturas de Este para evitar el sobrecalentamiento de la vivienda durante las mañanas. Segú la distribución, sería interesante colocar en esta zona espacios de ...

**Orientación Oeste:** permite aprovechar las últimas horas de radiación solar del día, ya que el Sol incide durante todo el año a partir del mediodía hasta las últimas horas del día. Por esta razón los espacios del Oeste sufren sobrecalentamientos y esto puede afectar de manera negativa los espacios de noche e incrementar la factura en la refrigeración. Para rebajar en mayor medida el calentamiento hemos de tener las oberturas controladas, justo la cantidad mínima necesaria para para la iluminación y ventilación natural.

**Orientación Norte:** sobre las fachadas del Norte el Sol nunca incide directamente, siendo estos espacios los más fríos y con menos intensidad de luz natural. Sería interesante realizar el menor número de aperturas posibles para evitar pérdidas energéticas, y disponer en esta orientación todos los espacios de servicios como: pasillos, escaleras, cuartos de instalaciones, baños y etc.

## 3. Compacidad

La compacidad de un edificio se define como la relación entre la superficie de la envolvente exterior y el volumen que encierra. Mientras la envolvente representa el límite físico de intercambio de calor entre el exterior y el interior, el volumen del edificio nos da una idea de la capacidad para almacenar energía.

El edificio optimo será a priori el que tenga la mínima superficie de perdidas manteniendo el mismo volumen de almacenamiento de calor.

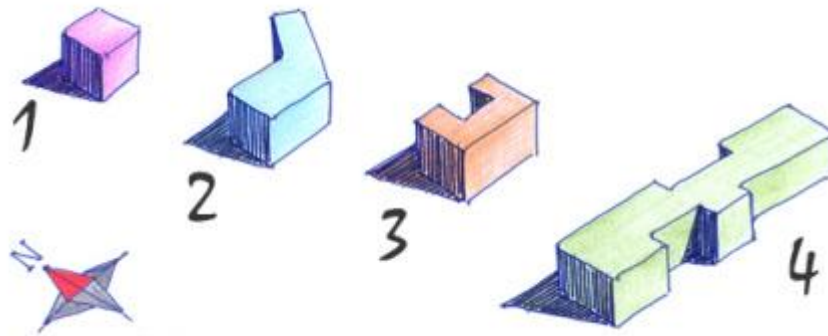
Los edificios de gran tamaño tienden a ser más compactos ( $0.2 - 0.5/m$ ), por la propia definición matemática de compacidad (ejemplo: hospitales o grandes edificios administrativos alcanzan estos valores).

Los siguientes dibujos resumen una primera aproximación en cuanto a las formas básicas más adecuadas de los edificios para los diferentes climas según Olgyay:



3. Para clima frío
4. Para clima templado

1. Para clima seco
2. Para clima cálido húmedo



En caso de un bloque de viviendas, donde se intenta conseguir que los espacios tengan más ventilación e iluminación naturales, obtiene unos valores medios de compacidad de 0.3-0.6/m.

## 4. Protección solar

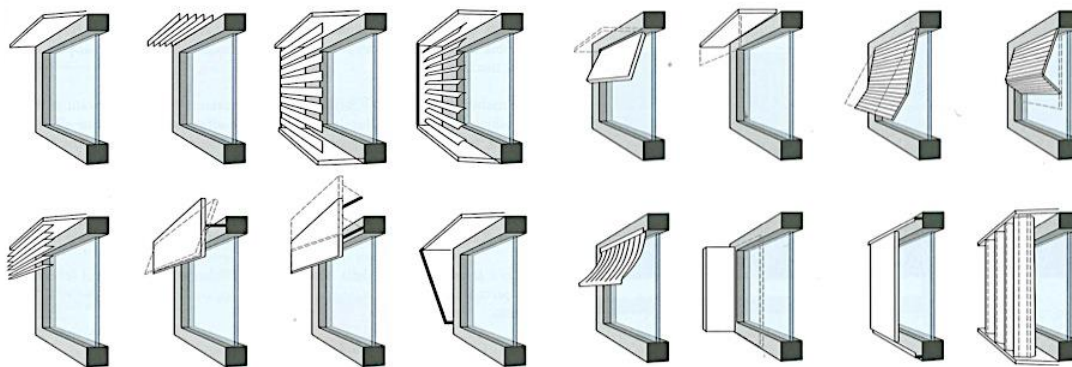
La radiación solar es la fuente pasiva que calienta los edificios en invierno, ventaja que en verano se convierte en un inconveniente, ya que la temperatura que se alcanza sobrepasa la confortable y crean una cierta incomodidad al interior del edificio. Por esta razón, para controlar las emisiones de radiación solar en el interior, cabe optimizar los huecos del edificio para maximizar las ganancias solares en invierno y minimizar en verano. La mejor manera de conseguirlo es utilizando protecciones solares. Conceptualmente, podemos dividir las protecciones en dos grupos, las fijas y las móviles o adaptables.

### 4.1. Fijas

Los voladizos o las protecciones fijas son menos adaptables a las condiciones dinámicas del clima. No obstante, la protección solar fija suele ser más económica y tiene la ventaja de que no necesita mantenimiento. Es importante saber que las protecciones fijas deben colocarse en horizontal cuando la inclinación de la radiación solar es alta (sur), y en vertical cuando el sol incide con ángulos bajos (oeste y este).

### 4.2. Móviles (adaptables)

Las protecciones adaptables como toldos, graduables y móviles suelen tener una vida útil reducida y necesitan un cierto mantenimiento.



En general, las protecciones solares no deberían empeorar la calidad de la iluminación en el interior. Una protección solar excesiva puede aumentar la demanda energética del edificio debido al mayor consumo eléctrico de la iluminación artificial.

### 4.3. Color

Es bien conocido que los colores claros reflejan el impacto del sol, mientras que el oscuro lo absorbe. Por lo tanto, utilizando algún tipo de protección solar, tanto móvil como fija, podemos aumentar su eficacia simplemente dándole un color claro, ya que esto nos podría aportar un 10 % extra de ahorro.

### 4.4. Factor $F_c$

El factor  $F_c$ , es un valor que caracteriza el grado de protección solar y se determina midiendo la parte de radiación que incide en un hueco que no queda bloqueada por el elemento de la protección. Dicho factor permite calcular y determinar la real eficiencia de cada tipo de elemento protector.

Hay que decir que solo se tienen en cuenta elementos de protección solar que tienen una relación directa con el edificio o la carpintería. Los elementos de decoración interior, como pueden ser las cortinas de las ventanas, no se tienen en cuenta, ya que no forma parte de la construcción en sí.

A continuación, os mostramos una tabla resumen de factores  $F_c$  de diferentes tipos de protecciones solares, para que os hagáis una idea de la eficacia de cada uno de ellos.

Tipo de protección	Coeficiente de reflexión
Ventana regular acristalada de un solo panel	1
Persiana interior oscura a medio recorrido	0.91
Persiana interior de color intermedio a medio recorrido	0.81
Persiana interior oscura totalmente desplegada	0.81
Persiana veneciana interior oscura, completamente desplegada	0.75
Persiana interior clara a medio recorrido	0.71
Vidrio absorbente de calor de 0.6 cm de espesor	0.66
Lámina gris de 0.6 cm de espesor	0.66



Persiana veneciana interior de calor intermedio, completamente desplegada	0.65
Persiana interior de color intermedio completamente desplegada	0.62
Recubrimiento plástico sobre cristal con un ligero tinte	0.61
Vidrio absorbente de calor, de 0.6 cm de espesor y lamina pulida de 0.6 cm	0.6
Cortina de tela en color gris oscuro	0.58
Arboles como elemento de protección	0.5- 0.6
Persiana veneciana blanca, en el interior, completamente desplegada	0.56
Cortina de tela de color gris claro	0.47
Persiana veneciana de aluminio reflectante, colocada en el interior	0.45
Persiana enrollable blanca situada en el interior y completamente desplegada	0.4
Lamas verticales fijas, situadas en el exterior en las fachadas este y oeste	0.32
Toldo exterior inclinado de color intermedio u oscuro	0.25
Protección horizontal continua en la fachada sur	0.25
Pantalla densa exterior, pintada en color blanco	0.23
Masa densa de árboles proporcionando una sombra general	0.2-0.25
Persiana veneciana exterior color crema	0.15
Persiana veneciana exterior, abatible y de color blanco	0.15
Lamas horizontales abatibles, situadas al exterior	0.1-0.15
Lamas verticales abatibles, situadas en el exterior	0.1-0.15

## 5. Calidad de la envolvente térmica opaca

Cuando hablamos de la envolvente térmica opaca, nos referimos al elemento opaco, como pared o cerramiento, que envuelve el interior del edificio y lo aísla del clima exterior. Dicho componente suele ser heterogéneo, formado por varias capas de distinta naturaleza y finalidad.

Una envolvente de con una conductividad térmica muy baja resulta muy eficaz cuando la diferencia de temperatura exterior e interior es muy elevada, y pierde su interés cuando esta es muy baja.

La calidad de la envolvente depende de varios factores:

- **Aislamiento térmico**
- **Estanqueidad de la envolvente**
- **Reflectividad**
- **Inercia térmica**
- **Puentes térmicos**

### 5.1. Aislamiento térmico

Por definición, el aislamiento térmico, es uno de los componentes más importantes de la envolvente, ya que tiene la mayor capacidad de separar el interior del edificio del clima



exterior, gracias a su elevada característica aislante. Resulta muy eficaz cuando la diferencia de temperatura entre el exterior e interior es muy elevada, y pierde su interés cuando esta es muy baja. Así, un buen aislamiento térmico es más eficiente en invierno que en verano, pues la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior es siempre mayor en invierno.

El aislamiento térmico se describe mediante la transmitancia térmica, cuya unidad es  $W/m^2K$ . Un aislamiento térmico típico de Europa Mediterránea suele ser de  $0.40 W/m^2K$ , es decir, un  $m^2$  deja pasar  $0.40 W$  cuando la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior es de un kelvin. La energía intercambiada por transmisión a través de la envolvente depende de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

## 5.2. Estanqueidad de la envolvente

La envolvente exterior de un edificio ha de mantener y conservar la energía generada en el interior. Sin embargo, la mayor parte de los materiales o soluciones técnicas de la envolvente son permeables y permiten el paso de aire en mayor o menor grado. Esto supone un intercambio extra de energía entre el exterior y el interior y como consecuencia aumenta las pérdidas de energía generada en el interior, lo cual implicaría un aumento de coste energético.

## 5.3. Reflectividad solar

Una estrategia para minimizar el impacto de la radiación solar en verano es aumentar la reflectividad de las superficies exteriores. A mayor grado de reflectividad, menor será la absorción de la radiación solar por los materiales y menor la demanda necesaria para enfriar en verano. La suma del factor de absorptividad y de reflectividad es igual a 1. El factor de reflectividad solar de una superficie es una propiedad física que depende también del color, la temperatura del ambiente y la rugosidad de la superficie.

Aumentar de 0,1-0,2 a 0,6 la reflectividad de un material de cubierta puede reducir el consumo de refrigeración de un edificio hasta un 20 %.

Actualmente existen en el mercado láminas reflectantes con capas metalizadas que tienen valores de reflectividad elevados. Estas láminas se colocan en el interior de una pared o cubierta ventilada para reflejar la radiación solar hacia el exterior en verano. En todo caso hay que considerar el balance energético de esas láminas no solo en verano, sino también en invierno.

A continuación, mostraremos una tabla con valores típicos de la reflectividad de algunos de los materiales.

Reflectividad media de la radiación solar	
Material	Valor
Aluminio liso	0.8
Asfalto	0.07
Hojas verdes de árbol	0.29-0.21
Lámina bituminosa	0.18
Acero rugoso	0.25



Acero galvanizado	0.62
Cobre liso	0.82
Mármol blanco	0.54
Pizarra	0.12
Nieve limpia	0.8-0.65
Teja cerámica	0.25
Zinc blanco	0.78

#### 5.4. Inercia térmica

Todo elemento constructivo en contacto directo con el aire puede absorber y almacenar una cantidad de energía que depende principalmente de la capacidad calorífica y de la densidad del mismo. La inercia térmica describe la energía necesaria para aumentar en un kelvin la temperatura de un metro cúbico del elemento constructivo. Esta masa térmica es capaz de almacenar una cantidad determinada de energía hasta alcanzar un punto de saturación. Cuando la temperatura del elemento constructivo es más alta que la del aire circundante, el flujo energético se invierte y la energía empieza fluir de nuevo desde elemento constructivo al aire, permitiendo un uso menor de sistemas activos mecánicos de calefacción e incluso refrigeración.

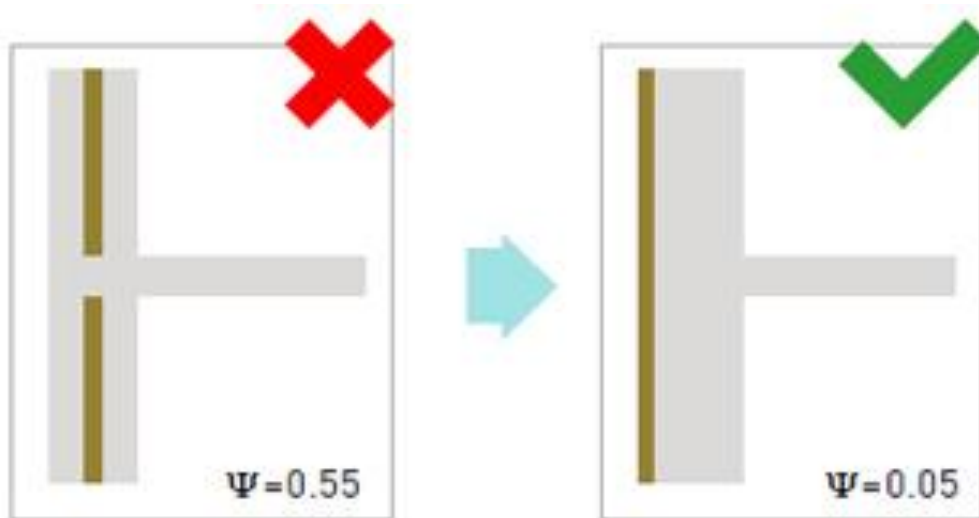
Pero para que este concepto funcione bien, después de que la radiación solar y las cargas interiores de calor se almacenen durante el día, es imprescindible que se produzca una descarga de energía por la noche, pues de otro modo “la batería” permanecería cargada hasta el día siguiente y calentaría en exceso el interior de la vivienda. Esta descarga puede llevarse de manera natural, mediante una fuente fría como la ventilación nocturna natural, o de modo artificial.

#### 5.5. Puentes térmicos

Los puentes térmicos son las de zonas de la envolvente del edificio donde se produce un cambio de la geometría de la envolvente o una interrupción o variación de resistencia térmica. Como consecuencia, estos puntos tienen un grado elevado de intercambio energético entre el exterior y el interior.

Existen dos tipos de puentes térmicos: puntual o lineal. Los puentes térmicos lineales suelen tener mayor impacto que los puntuales, ya que afectan a mayor superficie o longitud. En edificio con calidades energéticas muy bajas, los puentes térmicos tienen menor relevancia, pues se define como la diferencia energética entre la calidad energética de la piel homogénea y la zona no homogénea.

Se consideran un detalle constructivo libre de puentes térmicos cuando la transmitancia térmica lineal no supera el valor máximo de 0,01 W/mK.



## 6. Calidad de la envolvente térmica transparente

Al hablar de la envolvente térmica transparente del edificio, nos referimos a las ventanas. Es un elemento principal de cada vivienda, ya que, permitir la entrada de la luz y la ventilación naturales. Sin embargo, las aperturas se consideran como puntos débiles en el diseño de cualquier edificio.

Las ventas básicamente están compuestas por dos elementos, el vidrio y el marco.

### 6.1. El marco

El marco normalmente representa entre el 25 % y el 35 % de la superficie del hueco. Sus principales características son la transmitancia térmica y la estanquidad. Estas características, básicamente, depende del tipo de material utilizado en su fabricación. Existen varios materiales que se utilizan para su fabricación.

#### 6.1.1. Marco de madera

Es un material tradicional para la utilización en los marcos, debido a que abunda en la naturaleza y a la facilidad de ser moldeado para las formas complejas requeridas para la fabricación de determinadas formas de las ventanas.

Además, este material tiene un Valor-U muy bajo, que básicamente depende del grosor de los perfiles o piezas especiales.



Intrínsecamente, la necesidad de mantenimiento de los perfiles de madera es alta, debido a su susceptibilidad a la putrefacción. Pero para solucionar este punto, se han creado ventanas de materiales combinados, que lo veremos más adelante.



### 6.1.2. Marco de PVC

Los marcos de cloruro de polivinilo (PVC), están fabricados de un plástico muy versátil con propiedades buenas de aislamiento térmico. Hoy en día, con el avance técnico, tienen unas prestaciones muy buenas a la estanquidad y las resistencias a la degradación. Por esta razón, si se tratan bien, no necesitan mantenimiento.

Los valores de transmitancia térmica de estos marcos son bajos, básicamente dependen de la calidad de la estanqueidad y cantidad de cámaras de aire que tiene en su interior. Además, estas cavidades pueden ir rellenos con materiales aislantes, esto elevaría aún más el rendimiento de la ventana.



### 6.1.3. Marco de aluminio

Al ser el aluminio un material con alta conductividad térmica, esto hace que los perfiles fabricados de este material tengan un Valor-U muy elevado. Pero tienen ventajas, son: ligeros, duradero y fácilmente moldeables.





El mayor problema de este material, son las condensaciones. Para solucionar este problema hay que proporcionar una rotura de puente térmico mediante el fraccionamiento de los componentes de las piezas exterior e interior.



#### 6.1.4. Marco combinado o híbridos

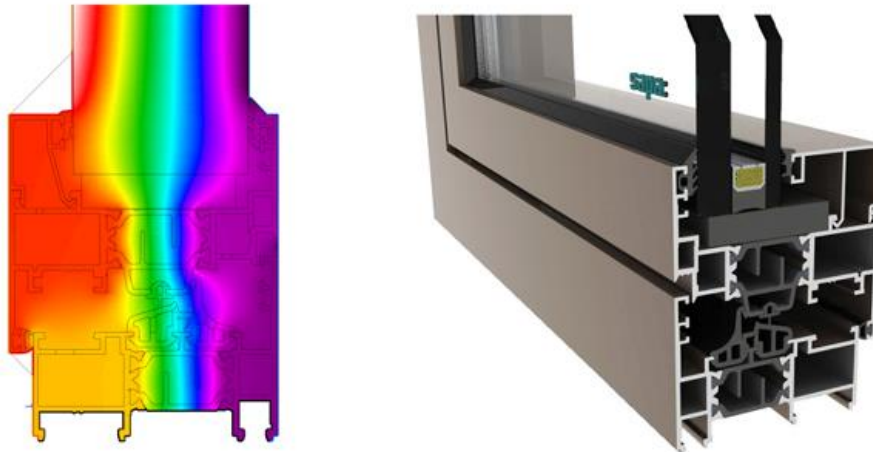
Una combinación de diferentes materiales nos puede permitir obtener marcos de altas prestaciones. Al combinar aluminio al exterior y madera al interior, podemos obtener marcos resistentes a la intemperie exterior que no necesiten mantenimiento y por el interior un aspecto de madera clásico deseado.





## 6.2. Ruptura de puente térmico

La ruptura de puente térmico consiste en separar las partes interior y exterior mediante otro material de baja conductividad térmica. Esto hace que reduzca la transmitancia térmica entre y la conductividad del perfil. Además, evite las condensaciones térmicas que tanto sufren los marcos de aluminio.



## 6.3. Vidrios

El vidrio normalmente representa entre el 65 % y 75 % de la superficie del hueco. La transmitancia térmica de un elemento depende fuertemente del valor de resistencia térmica del material en el cual está compuesto, en el caso del vidrio este valor es muy bajo, lo que significa que tiene una buena actitud al paso del calor. Esto explica todos los esfuerzos dedicados para conseguir vidrios de altas prestaciones avanzadas, que puedan cambiar sus propiedades ópticas para impedir el paso de la radiación solar.

Existen otros tres parámetros interesantes que definen un cerramiento:

- Transmitancia térmica: la cantidad de energía que traspasa a través del vidrio.
- Transmitancia solar global (g): porcentaje de energía solar que atraviesa un vidrio hacia el interior.
- Transmitancia luminosa (t): porcentaje de luz natural incidente sobre el vidrio que penetra al interno del ambiente.

Los vidrios pueden clasificarse en diferentes grupos.

### 6.3.1. Vidrios monolíticos

Son vidrios sencillos que se suelen instalar en venta de muy poca calidad. Las propiedades aislantes son escasas, alcanzan unos valores de transmitancia térmica de  $6 \text{ W/m}^2\text{K}$  y 0.8 de factor solar, por lo que no se recomienda su instalación en las ventas de viviendas.

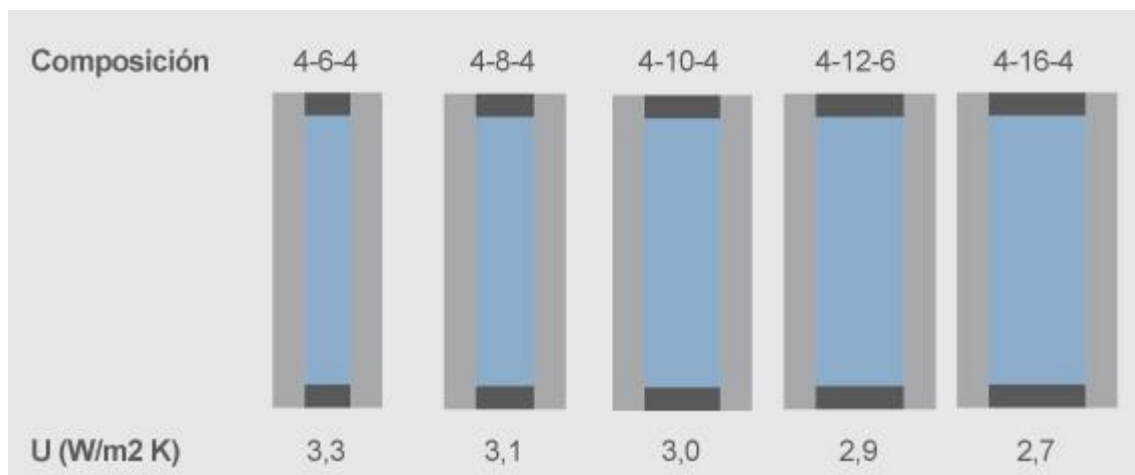


### 6.3.2. Vidrios con cámara de aire o doble acristalamiento

Los vidrios con cámara o de doble acristalamiento son vidrio formados de dos o más hojas separados por una cámara interna de aire deshidratado sellad herméticamente. La cámara de aire limita la transferencia de calor entre el exterior y el exterior por convección y conducción.



El valor de la transmitancia térmica de estos vidrios, básicamente, depende de la anchura de la cámara de aire y del mismo vidrio.



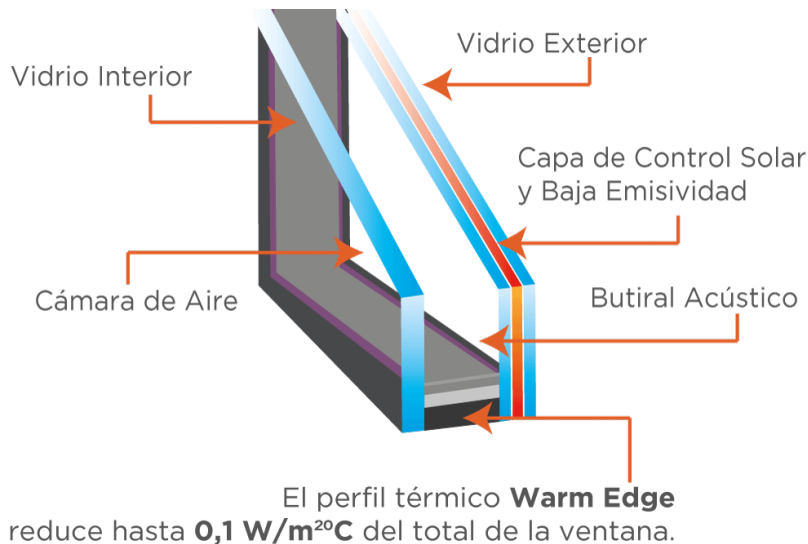
Cuando la cámara de aire supera los 16 cm de anchura, produce fenómenos de convección dentro de la misma, por esta razón deja de ser efectiva.

Además, se puede implementar mayor cantidad de vidrio, con mayor cantidad de cámaras de aire. Esto supondría una reducción de transmitancia térmica aún más grande.



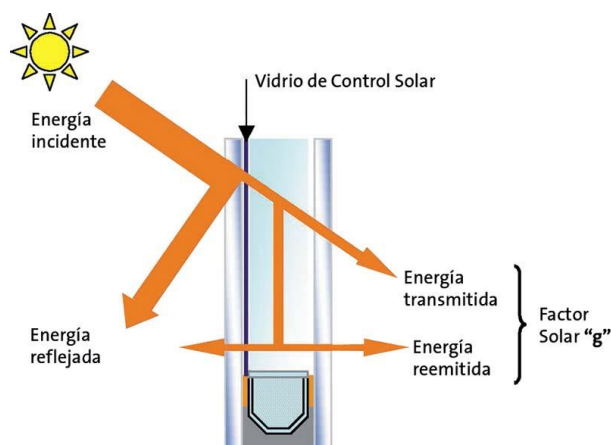
### 6.3.3. Vidrios de baja emisividad térmica

Se caracterizan por una emisividad de la superficie del vidrio muy baja en un doble acristalamiento por medio de capas con contenido de plata, que es el que tiene menos emisividad de todos los metales. Esto permite reflejar hasta 70 % del calor interno.



### 6.3.4. Vidrios de control solar

El vidrio de control, es un vidrio doble térmicamente reforzado al que se le añade una fina capa transparente en una de sus laminas, de tal manera que además de las funciones del doble vidrio, sin perjudicar la cantidad de luz, reduce la cantidad de calor solar (energía de onda larga) que absorbe el vidrio y la cantidad de calor solar que pasa del exterior al interior a través del vidrio.





### 6.3.5. Tabla de resumen

VALORES TÍPICOS DE VIDRIOS COMUNES Y AVANZADOS			
Tipo de vidrio (vidrio ext, gas, vidrio int)	Valor-U	g %	t %
Simple claro (vidrio float 3 mm)	5.9	89	90
Vidrio doble claro (6 mm + 12 mm aire + 6mm)	2.6	75	81
Vidrio doble espejo (6 mm + 12 mm aire + 6 mm vidrio bajo emisivo)	1.5	58	71
Vidrio doble espejo (6 mm + 16 mm argon + 6 mm vidrio bajo emisivo)	1.1	56	54
Doble vidrio de control solar soft coating (6 mm espectro selectivo + 16 mm argon + 6 mm)	1.1	31	48
Doble vidrio de control solar hard coating (6 mm espectro selectivo + 12 mm aire + 6 mm)	2.6	46	48
Triple vidrio (6 mm vidrio bajo emisivo + 16 mm argon + 6 mm float + 16 mm argón + 6 mm vidrio bajo emisivo)	0.6	36	62

## 7. Ventilación

La función primordial de la ventilación es asegurar la calidad y la higiénica de los espacios interiores y garantizar la extracción al exterior de agentes que pueden ser nocivos para el cuerpo humano.

La ventilación utiliza mucha energía y es capaz de incrementar significativamente el consumo energético del edificio, esto hace que la tasa del consumo sea muy sensible. Para hacer funcionar los ventiladores que mueven el aire por el interior de la vivienda se necesita electricidad, pero la necesidad de energía en calentar o enfriar el aire introducido al interior desde el exterior es aún más significativa. Por el dicho motivo, es esencial aprovechar al máximo posible la ventilación natural, para como consecuencia, minimizar la necesidad de ventilación mecánica utilizando energía eléctrica, que en su caso elevaría el consumo.

### 7.1. Ventilación natural

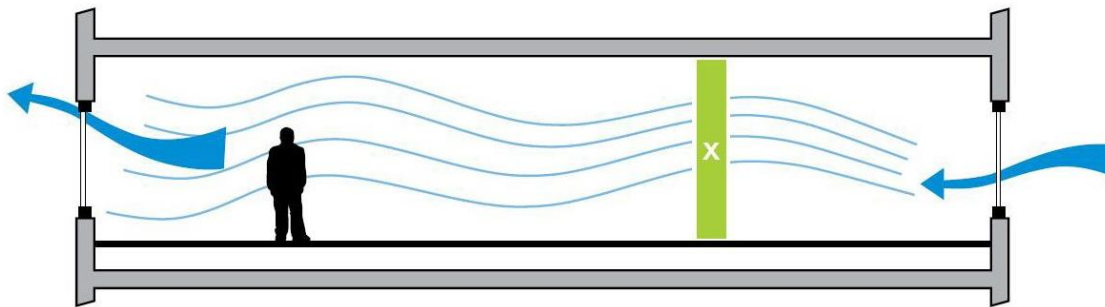
En verano la ventilación natural resulta muy eficaz para descargar el calor acumulado durante el día. Este tipo de ventilación funciona mejor en zonas donde las temperaturas nocturnas bajan considerablemente respecto las temperaturas interiores.

En climas muy cálidos, la ventilación natural diurna en la arquitectura tradicional y poco hermética puede generar corrientes de aire que mejoran el confort climático por convección. En estas zonas s climáticas, el análisis de los vientos predominantes resulta de especial interés.

Existen dos maneras de ventilar de forma natural:



- a) **Ventilación cruzada**, basada en una diferencia de presión del viento. Resulta muy eficaz en las zonas tropicales y subtropicales, y poco en zonas frías o muy secas, ya que introduce aire demasiado frío o seco en el interior.



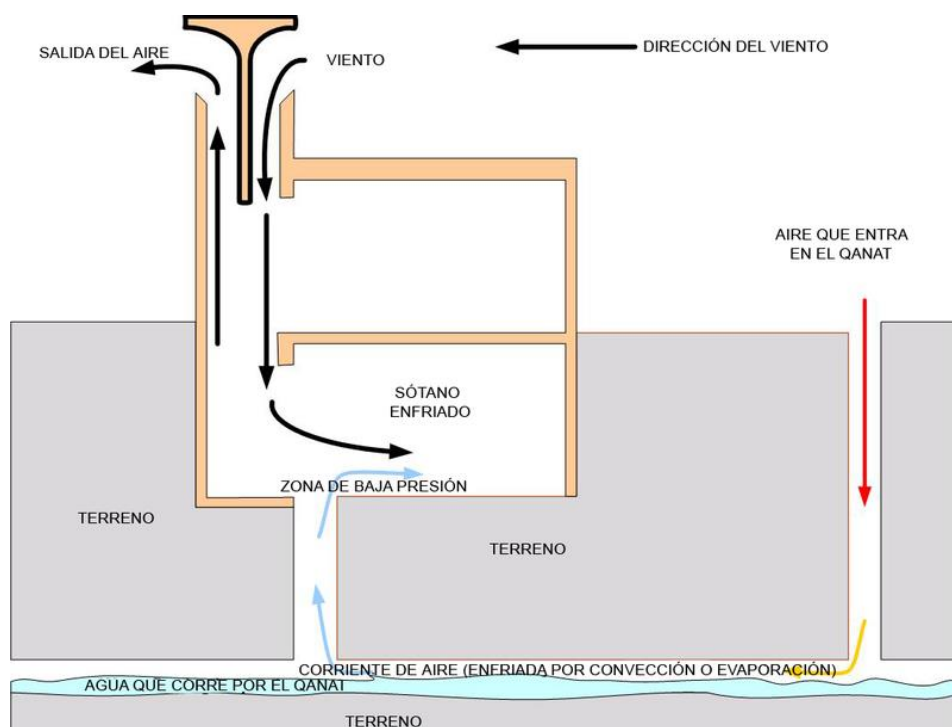
- b) **Ventilación por estratificación**, basada en una diferencia de temperaturas verticales. Resulta muy eficaz en zonas donde las temperaturas nocturnas bajan considerablemente, y no tiene demasiado interés en zonas tropicales, con noches cálidas y aire húmedo.

## 7.2. Conceptos singulares pasivos

### 7.2.1. Torre de viento

El objetivo de este sistema es crear corrientes de aire en el interior cuando las temperaturas exteriores son muy elevadas, de ahí que se hayan desarrollado en zonas muy cálidas y secas. Gracias a estas corrientes de aire, el cuerpo humano puede disipar más fácilmente el calor.

Cuando la humedad relativa es alta, este sistema puede empeorar el confort térmico interior, ya que incorporaría aire exterior más húmedo en el interior. En clima con inviernos fríos, es aconsejable desactivar las torres durante el invierno, para no enfriar las estaciones.



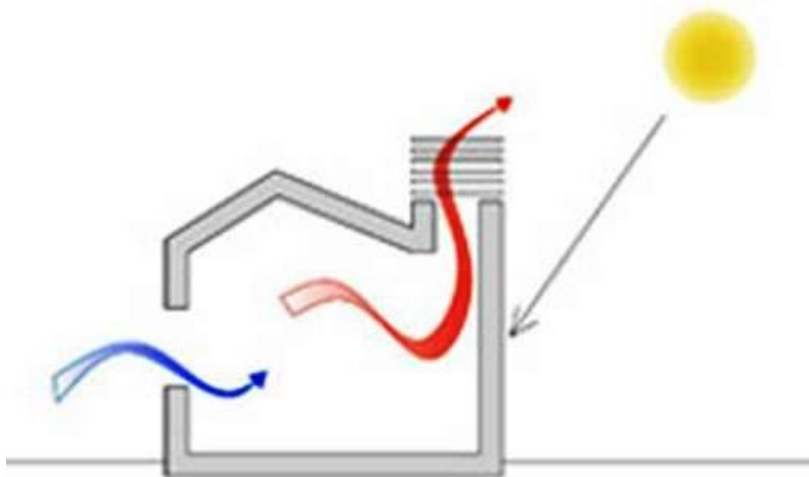


La torre de viento tiene una pared que divide en dos, creando así un conducto con presión positiva y otro con negativa. Por su velocidad, el aire caliente entra por en el conducto con presión positiva, generando así un movimiento de aire en el interior del edificio, y vuelve a salir por los patios del edificio o por el conducto con presión negativa.

### 7.2.2. Chimenea solar

Con una sección similar a la torre de viento, la chimenea solar tiene una función contraria. Si en la torre de viento las oberturas verticales captan el viento y dejan que entre en el edificio, la chimenea solar tiene una obertura superior horizontal para crear una succión de aire hacia fuera. También cuenta con una pequeña tapa que impide la entrada de lluvia.

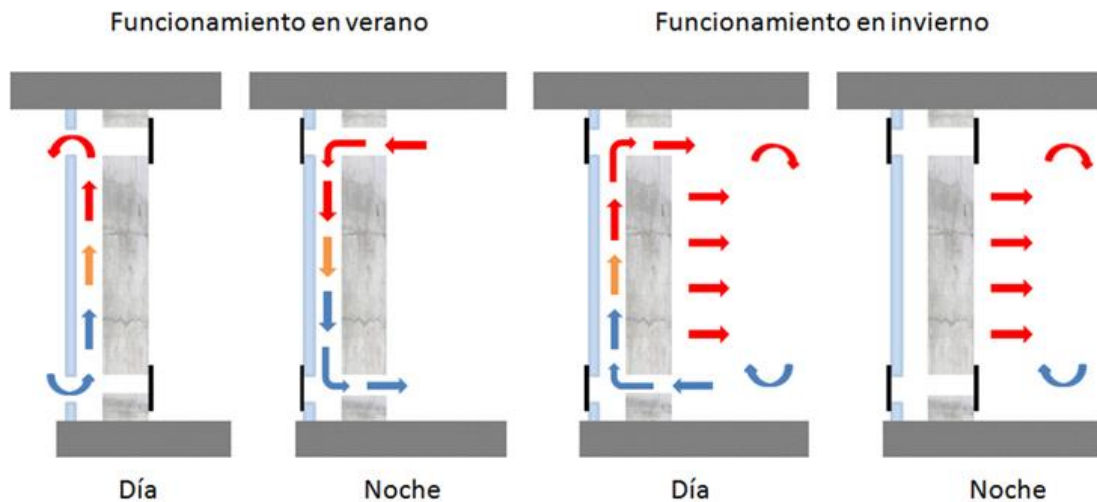
La pared orientada a este u oeste de la chimenea solar suele ser un vidrio simple o placa opaca de policarbonato celular, y la pared interior opuesta de color negro para crear un efecto invernadero. El aire de la parte superior se calienta mucho más que el aire del edificio, generando de esta manera una depresión en la chimenea que, mediante convección, extrae el calor del interior y lo expulsa al exterior. Este sistema es especialmente adecuado en regiones sin viento fuertes, para generar un movimiento de aire en verano. Si la entrada de aire se pre enfría, puede conseguirse una carga de frio lo suficientemente alta como para mantener los espacios interiores frescos.



También existe un sistema parecido, llamado chimenea de enfriamiento, donde se genera un enfriamiento de aire caliente con la misma sección que la chimenea solar. Esto se consigue con unos paneles humedecidos que enfrían el aire por evaporación, de modo que se enfrían y cae desde lo alto de la chimenea al interior del edificio.

### 7.2.3. Muro trombe

Este sistema consiste en una para con alta inercia térmica, pintada con color oscuro y con un vidrio simple colocado por delante para poder captar la radiación solar en la camera de aire que hay entre la pared y el vidrio. Lo ideal es que el muro esté orientado a sur. Se trata de un sistema perfecto para climas fríos con mucha radiación solar



## 8. Vegetación

La vegetación es un elemento bioclimático de mucha importancia, ya que, si se integra en el diseño del edificio, actúa como parte pasiva en la optimización energética, instrumento de calidad ambiental y control de vientos, sombra, erosión y estética del edificio.

### 8.1. Estrategias prácticas de aplicación

#### 8.1.1. Sistema pasivo de enfriamiento por evaporación

Existen numerosos ejemplos de utilización de la vegetación como elemento que actúa para refrigerar el aire antes de introducirlo en el interior de la edificación. Este tipo de soluciones es útil en climas en los que en periodos de verano la humedad relativa no sea elevada. En caso de utilizar esta estrategia pasiva, conviene que sean árboles de hoja grande, frondosa y caduca, de manera que en el periodo de invierno no obstruyan el acceso solar.

#### 8.1.2. Sistema de protección solar mediante vegetación

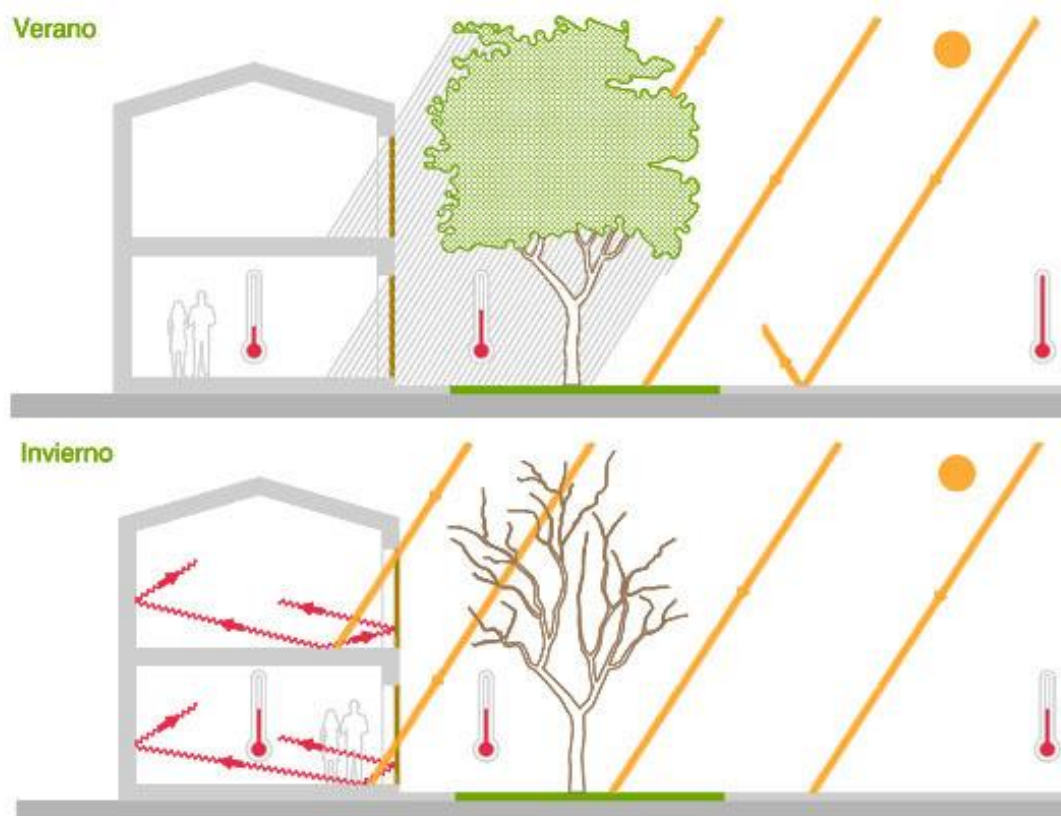
Para utilizar vegetación como protección solar primero hay que saber que existen dos tipos de hojas, las caducas y perennes.

**Hojas caducas:** son aquellas que caen del árbol cuando la estación es desfavorable y vuelven a renacer cuando la estación es favorable.

**Hojas perennes:** son aquellas mantienen encima del árbol a lo largo de todas las estaciones. En general se dice que son perennes cuando duran más de dos años.



Cuando es necesaria la protección solar en el periodo estival, se pueden utilizar elementos vegetales delante de los huecos. La eficacia de esta estrategia depende del tipo de árbol y de su desarrollo biológico particular. Las recomendaciones para su utilización serían: árboles de hoja caduca para orientaciones, E, SE, S, SO y O; emparrados caducos horizontales a sur, y cortinas vegetales o trepadoras a E, O y N. Obviamente este sistema puede intervenir tanto en la protección de huecos como en la de los cerramientos creando espacios en sombra y evitando el sobrecalentamiento del muro.



### 8.1.3. Cubierta vegetal, ajardinada o verde

Las cubiertas vegetales son sistemas de cubierta que incluyen un sustrato y vegetación. Estos sistemas aumentan considerablemente el aislamiento gracias al aprovechamiento tanto de las propiedades térmicas de la tierra como de la mejora del microclima que provoca la vegetación. La vegetación protege el edificio contra la radiación solar, minimizando el sobrecalentamiento y proporcionando un aislamiento natural adicional. La efectividad, como aislamiento térmico de vegetación en cubiertas ajardinadas, está en relación directa con la densidad de la vegetación y la altura de la misma. Existen distintos tipos de cubiertas vegetales según el espesor del sustrato, el tipo de vegetación y el mantenimiento:

- Cubiertas extensivas ó ecológicas
- Cubiertas intensivas o cubiertas jardín



#### 8.1.4. Muros vegetales

Respecto a los muros vegetales, en el mercado existen diferentes productos que se caracterizan en función de su sistema constructivo. Los sistemas se pueden clasificar en fachadas vegetales y paredes vivas o jardines verticales.

#### 8.1.5. Fachadas vegetales

Dentro de las fachadas vegetales están las tradicionales con plantas trepadoras, las de doble piel con plantas trepadoras y jardineras perimetrales con plantas arbustivas. La utilización de plantas trepadoras es una manera de ganar aislamiento suplementario y ofrecer una protección a los muros de las condiciones meteorológicas, aparte de aportar un valor estético a la edificación. Conviene escoger plantas adecuadas a la climatología del lugar, para así facilitar su mantenimiento y que no sufran por exceso de calor o heladas, de modo que la fachada verde siempre luzca un buen aspecto. Las trepadoras adheridas a la fachada de un edificio permiten reducir la radiación térmica que recibe la superficie disminuyendo su temperatura entre 8º y 18ºC, en climas muy calurosos. La utilización de especies caducifolias permite recuperar completamente la exposición al sol en invierno, cuando es realmente necesaria.



### 8.1.6. Paredes vivas o jardines verticales

El diseño de las paredes vivas o jardines verticales integra el empleo de las plantas a modo de una piel exterior de los edificios. En estos sistemas la estructura del edificio ya incorpora un sustrato para el crecimiento de las plantas, al igual que en las cubiertas verdes, pero en vertical. El sistema tiene la particularidad de permitir el crecimiento de una vegetación colgante diferente de las trepadoras, y de aprovechar también las capacidades aislantes y de inercia térmica del sustrato.

Dentro de las paredes vivas hay básicamente dos sistemas, los de fieltros geotextiles y los de paneles precultivados. Se pueden encontrar distintos sistemas empleados en las paredes y ejemplos de aplicación en Burés y Urrestarazu (2010) y Chanampa et al (2009 y 2010).

- Los sistemas de fieltros geotextiles (tipo Caixaforum de Madrid de Patrick Blanc), que son cultivos hidropónicos, consisten en colocar una plancha rígida a la que se incorpora un fieltro en la cual se realizan perforaciones en las que se colocan las plantas. El riego se realiza por gravedad desde la parte más alta del muro. Estos sistemas no contienen sustrato, aunque hay algunas variantes en las que se coloca una capa de sustrato envuelto en el fieltro.
- En cambio, los sistemas de paneles consisten en cajas o gaviones que contienen sustrato, en los que las plantas se colocan en agujeros realizados previamente y desarrollan sus raíces en el sustrato. El riego también se realiza por gravedad y se coloca en la superficie o intercalado entre las filas de cajas de modo que el agua pasa de una caja a la otra.

### 8.1.7. Propiedades y características

La vegetación tiene unas características y unos requerimientos específicos según la especie de que se trate:

- Necesidad de iluminación y exposición solar; temperatura adecuada para su crecimiento y desarrollo; necesidades de irrigación; suelo o sustrato óptimo.
- Resistencia mecánica (viento, etc.)
- Tiempo de crecimiento
- Necesidad y resistencia a la poda



## PARTE II:

# Propuesta y análisis de rehabilitación energética

---



# Índice

1.Descripción.....	41
1.1.    Emplazamiento.....	42
1.2.    Cimentación .....	43
1.3.    Estructura .....	44
1.4.    Cerramiento .....	44
1.5.    Distribución .....	46
1.5.1.    Planta baja.....	46
1.5.2.    Planta primera.....	47
1.6.    Acabado.....	47
1.7        Horizontales .....	47
1.8        Verticales.....	47
2.    Análisis bioclimático .....	49
2.1.    Estudio meteorológico .....	50
2.1.1.    Temperatura.....	50
2.1.2.    Humedad relativa .....	51
2.1.3.    Irradiación solar.....	51
2.1.4.    Viento y presión atmosférica .....	52
2.1.5.    Precipitaciones .....	53
2.1.6.    Clima.....	53
2.2.    Análisis del entorno.....	53
2.2.1.    Parcela .....	54
2.2.2.    Entorno.....	55
2.3.    Análisis solar.....	55
2.3.1.    Solsticio de verano .....	56
2.3.2.    Análisis solar de sombras de solsticio de verano .....	58
2.3.3.    Solsticio de invierno .....	62
2.3.4.    Análisis solar de sombras de solsticio de invierno .....	64
2.4    Envolventes .....	66
2.5.1    Envolvente opaca: Cerramiento exterior .....	66
2.5.2    Envolvente opaca: Terraza .....	66
2.5.3    Envolvente opaca: Cubierta .....	67



3.	Análisis energético .....	68
3.1.	Introducción .....	69
3.2.	Procedimiento de cálculo de la demanda energética .....	69
3.3.	CYPECAD MEP .....	70
3.4.	Resultados de cálculo de la simulación .....	72
3.4.1.	Envolvente opaca .....	72
3.5.	Envolvente transparente .....	75
3.6.	Representación grafica .....	76
3.7.	Resumen mensual .....	76
3.8.	Resumen mensual de la demanda de calefacción y refrigeración .....	78
3.9.	Certificación energética .....	79
3.10.	Conclusión .....	79
4.	Propuestas de rehabilitación energética .....	80
4.1.	Introducción .....	81
4.2.	Envolvente opaca .....	81
4.2.1.	Mejora opción 1: Aislamiento térmico interior .....	82
4.2.2.	Mejora opción1: Aislamiento térmico exterior .....	82
4.2.3.	Mejora opción1: Aislamiento térmico en camera de aire .....	83
4.3.	Terraza .....	84
4.3.1.	Mejora opción1: Cubierta transitable no ventilada .....	84
4.3.2.	Mejora opción 2: Cubierta transitable flotante .....	84
4.3.3.	Mejora opción 3: aislamiento por el inter .....	85
4.4.	Cubierta no transitable .....	86
4.4.1.	Mejora opción 1: Cubierta con acabado de grava .....	86
4.4.2.	Mejora opción 2: Cubierta ajardinada .....	87
4.4.3.	Mejora opción 3: Aislamiento por interior .....	88
4.5.	Envolvente transparente .....	88
4.5.1.	Mejora opción 1: Carpintería de madera .....	88
4.5.2.	Mejora opción 2: Carpintería de PVC .....	89
4.5.3.	Mejora opción 3: Vidrio .....	89
4.5.4.	Mejora opción 4: Vidrio .....	89
4.6.	Protección solar .....	90
4.6.1.	Celosías metálicas .....	90
4.6.2.	Persianas contraventanas .....	90
4.6.3.	Persianas venecianas interiores .....	90



5.	Comparativa de los resultados.....	91
5.1.	Introducción .....	92
5.2.	Envolvente opaca .....	92
5.2.1.	Cerramiento exterior.....	92
5.3.	Terraza.....	93
5.4.	Cubierta .....	94
5.5.	Envolvente transparente.....	95
5.5.1.	Carpintería.....	96
5.5.2.	Acristalamiento .....	97
5.6.	Protecciones solares.....	98
6.	Elección de los componentes definitivos .....	100
6.1.	Introducción .....	101
6.2.	Envolvente opaca .....	101
6.3.	Envolvente transparente.....	102
6.4.	Protecciones solare .....	102
7.	Comparativa de los estados .....	103
7.1.	Introducción .....	104
7.2.	Comparativa de las perdidas .....	104
7.3.	Resumen grafico mensual de pérdidas y ganancias energéticas .....	105
7.4.	Comparativa mensual de pérdidas y ganancias .....	106
7.5.	Certificación energética .....	106
8.	Conclusiones.....	110
8.1.	Introducción .....	111
8.2.	Resumen del presupuesto de la rehabilitación.....	111
8.3.	Periodo de amortización .....	111
	Bibliografía .....	114

Anejo: Presupuesto

Anejo: Planos

Anejo: Resultado de la simulación energética

Anejo: Certificado energético



## DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS APARTADOS

### 1. Descripción:

En este apartado tratamos de describir el edificio en todos sus puntos, empezando por el emplazamiento y sistemas constructivos y acabando con la distribución.

### 2. Análisis bioclimático:

En este apartado analizamos el edificio en sus aspectos meteorológicos, también realizamos estudio solar y de iluminación, y finalmente vemos las transmitancias térmicas de la envolvente.

### 3. Análisis energético:

En este apartado, con ayuda de programas especializados como CYPE y REVIT, realizamos un prototipo digital del edificio, en cada programa, para determinar los puntos críticos de pérdidas energéticas y las demandas de calefacción y refrigeración.

### 4. Propuestas de rehabilitación energética:

En este apartado, basándose en los estudios del apartado 3, realizamos una propuesta de mejora del edificio.

### 5. Comparativa de los resultados:

En este apartado comparamos los resultados de las propuestas realizadas en el apartado anterior.

### 6. Elección de los componentes definitivos:

En este apartado, de la lista de propuestas realizadas en el apartado 6, basándose en los resultados del apartado 7, elegimos los componentes para realizar la rehabilitación energética.

### 7. Comparativa de los estados:

En este apartado, vamos a comparar los resultados obtenidos de las demandas entre los estados original y rehabilitado.

### 8. Conclusión:

En este apartado vamos a sacar las conclusiones del trabajo, de la rehabilitación energética en general.





## 1. Descripción

---

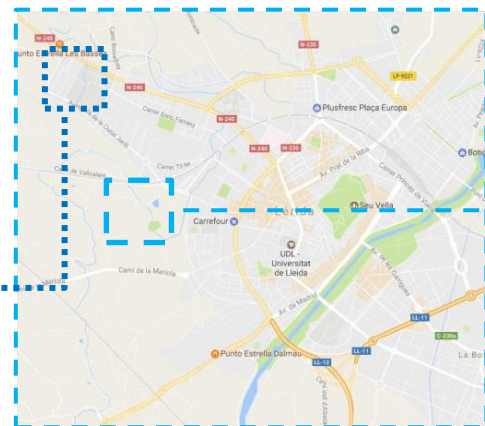
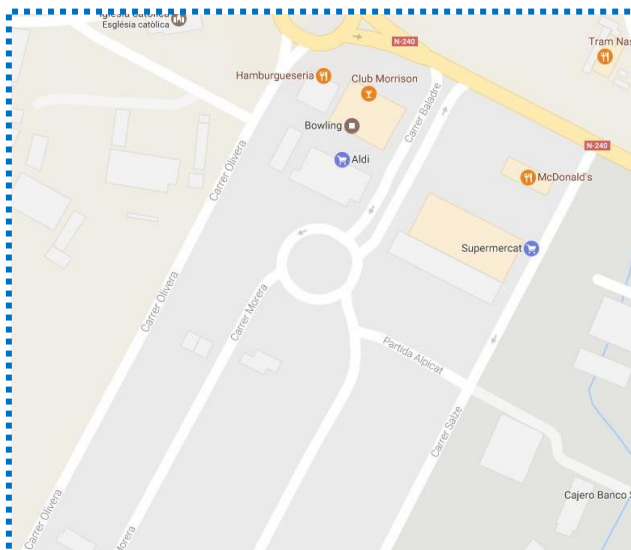


## 1.1. Emplazamiento

El edificio elegido para el análisis energético y su posterior mejoramiento está ubicado en la ciudad de **Lleida**, que en su vez se encuentra en **Cataluña**, comunidad autónoma española situada al nordeste de la península ibérica.



Para ser más exacto, la dirección donde del edificio se encuentra es “**Calle Olivera 36**”.

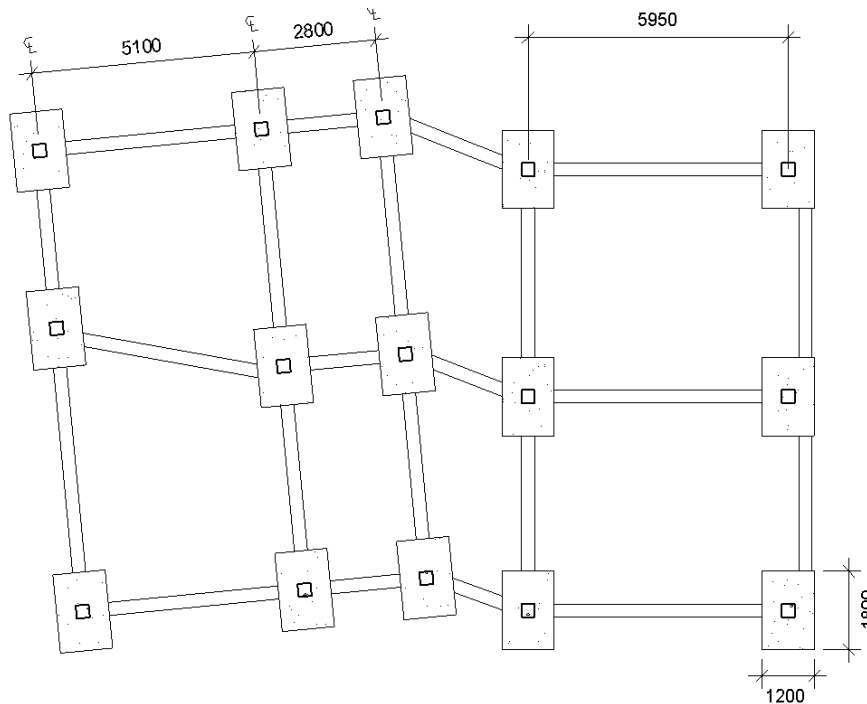




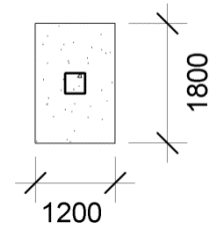
## 1.2.Cimentación

El elemento principal de cada edificio, que tiene una función de alta importancia que consiste en recibir los esfuerzos mecánicos de la estructura superior y transmitirlos al terreno, es la cimentación. La cimentación de dicha construcción está constituida por zapatas rígidas centradas armadas, de dimensiones 1800x1200 mm, conectadas entre sí mediante vigas de atado, de dimensiones 400x400 mm.

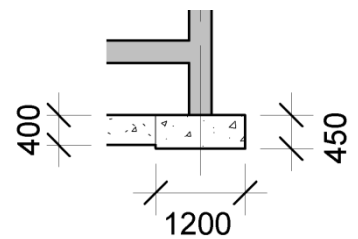
Plano de cimentación



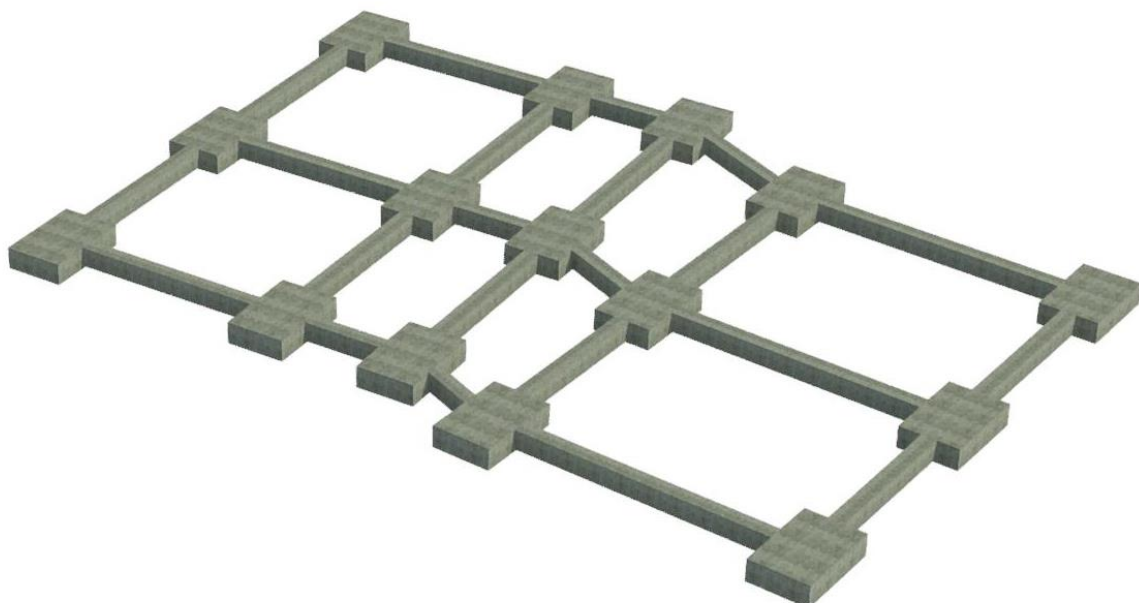
Zapata planta



Zapata sección



Representación en perspectiva 3D

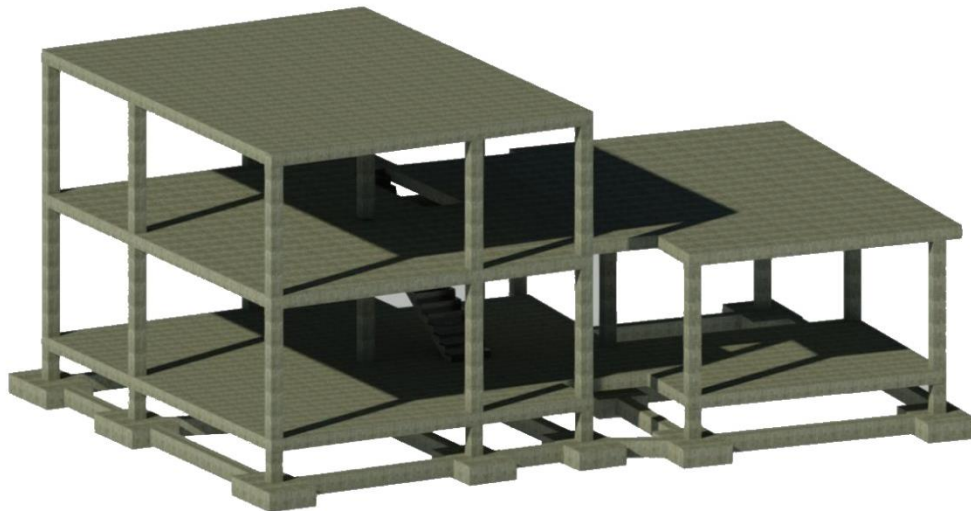




## 1.3. Estructura

La estructura superior está formada por un sistema porticado de hormigón armado, que se constituye como una tipología clásica, que consiste en barras verticales y horizontales dispuesto en planos paralelos con nudos rígidos, realizada in situ, que mantienen la continuidad en las uniones entre ellas. La jácena representa la barra horizontal y el pilar a la horizontal.

### Representación en perspectiva 3D



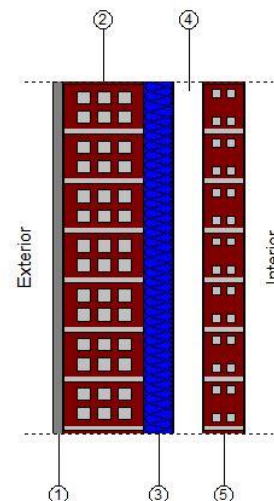
## 1.4. Cerramiento

Anteriormente hemos visto la estructura del edificio, es una pieza fundamental con una función muy concreta que consiste en soportar los esfuerzos, tanto los que provocan su propio peso como los que generan otros elementos que recaen sobre su superficie, sin embargo, no es un elemento de que juega un papel de muy importancia en el aspecto de consumo energético.

El elemento que sí que tiene influencia importante sobre el tema energético son los cerramientos exteriores. Tienen una función fundamental de separar el interior del exterior creando un lugar aislado y protegido de las precipitaciones, de este modo crea intimidad y como consecuencia el concepto del hogar en la vivienda.

### Detalle cerramiento exterior

1. Fábrica de ladrillo cerámico hueco: 14 cm
2. Poliestireno extruido: 5 cm
3. Cámara de aire sin ventilar: 5 cm
4. Fábrica de ladrillo cerámico doble hueca: 7 cm
5. Acabado interior de yeso: 1 cm



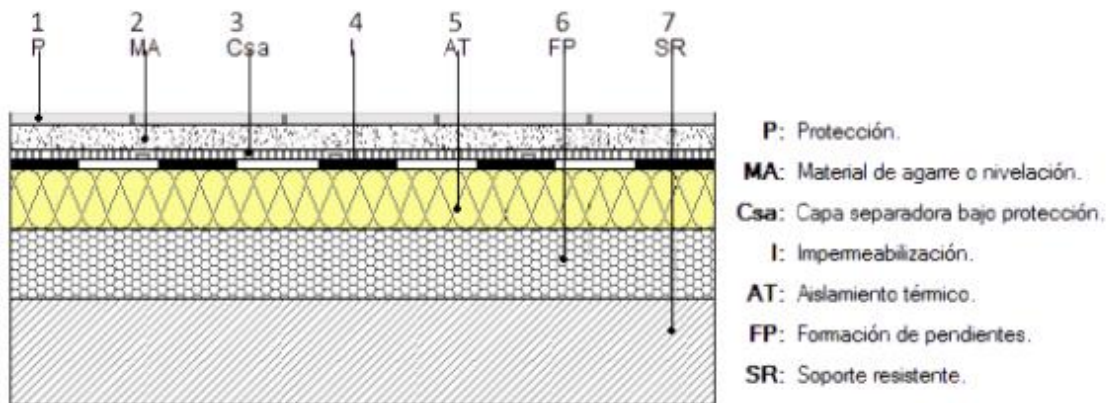




Además de los cerramientos horizontales, también existen elementos de separación verticales, son las cubiertas. En caso del edificio de estudio, dispone de dos tipos diferentes de cubierta.

La primera se encuentra en la terraza de la planta primera. Consiste en una cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, tipo convencional, compuesta por:

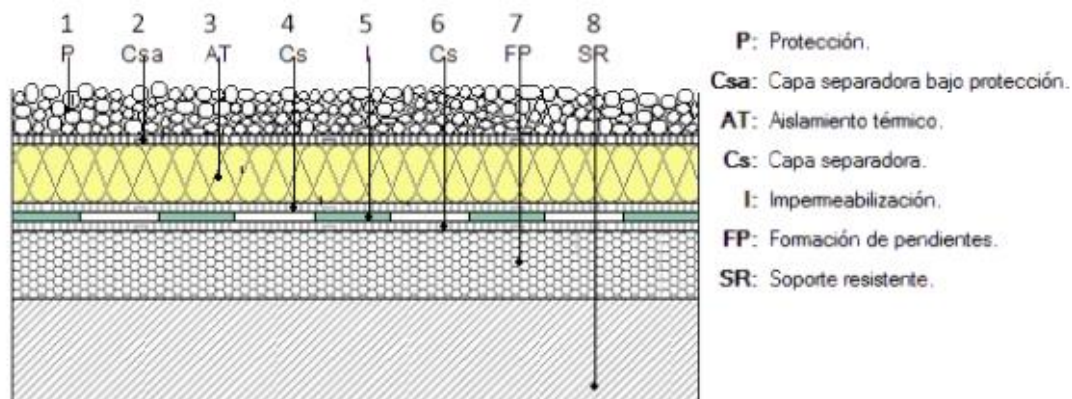
#### Detalle terraza



1. Pavimento de gres rústico: 1cm
2. Mortero de cemento: 4 cm
3. Geotextil de poliéster: 0.08 cm
4. Impermeabilizante asfáltico monocapa adherida: 0.36 cm
5. Lana mineral soldable: 5 cm
6. Capa de regularización de mortero de cemento: 4cm
7. Formación de pendientes: 10 cm
8. Forjado unidireccional: 30 cm

La segunda cubierta cubre la primera planta, y consiste en una cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo invertida, compuesta de:

#### Detalle cubierta

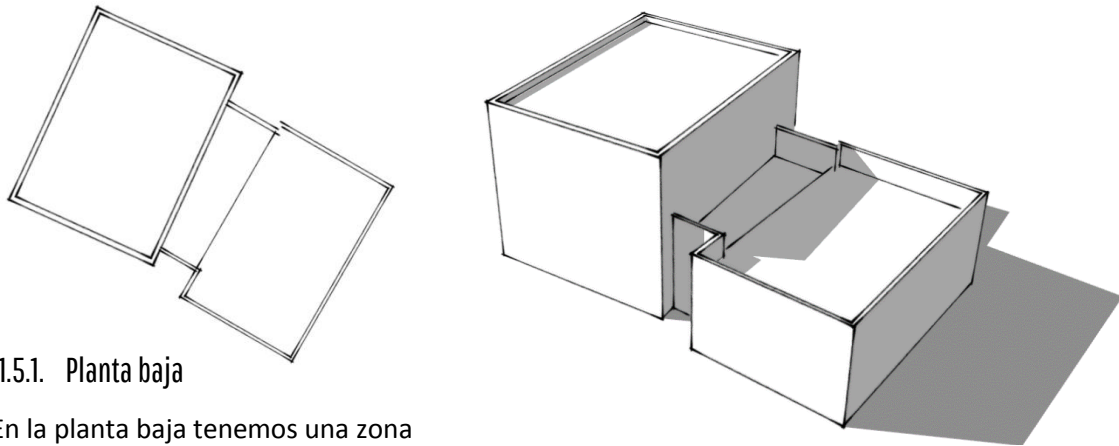




1. Capa de grava: 10 cm
2. Geotextil de poliéster: 0.08 cm
3. Poliestireno extruido: 4 cm
4. Geotextil de poliéster: 0.15 cm
5. Impermeabilizante con PVC monocapa no adherida: 0.12 cm
6. Geotextil de poliéster: 0.15 cm
7. Capa de regularización de mortero de cemento: 4cm
8. Formación de pendientes: 10 cm
9. Forjado unidireccional: 30 cm

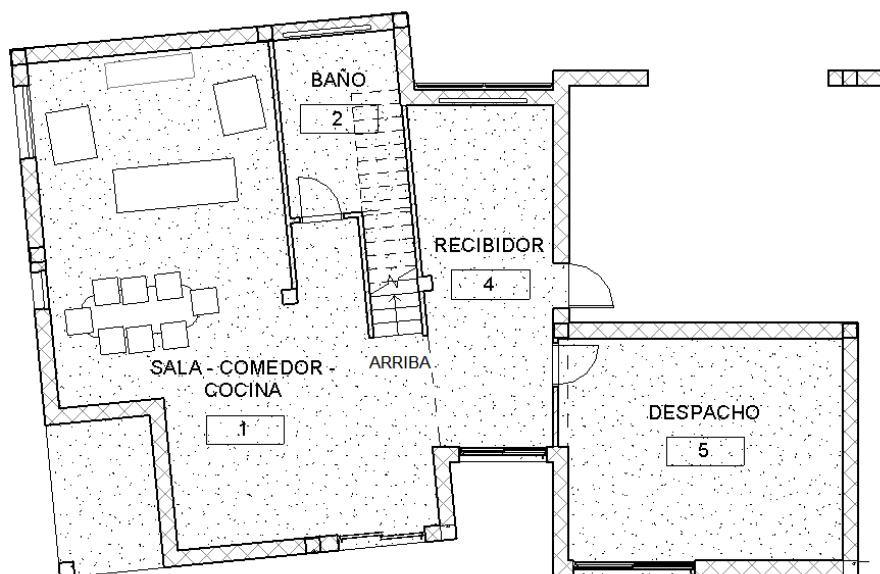
## 1.5.Distribución

El espacio de la vivienda está separado en dos plantas y en dos zonas. Podemos ver la volumetría del edificio consiste en dos rectángulos, uno más grande que el otro, unidos mediante otro rectángulo en medio.



### 1.5.1. Planta baja

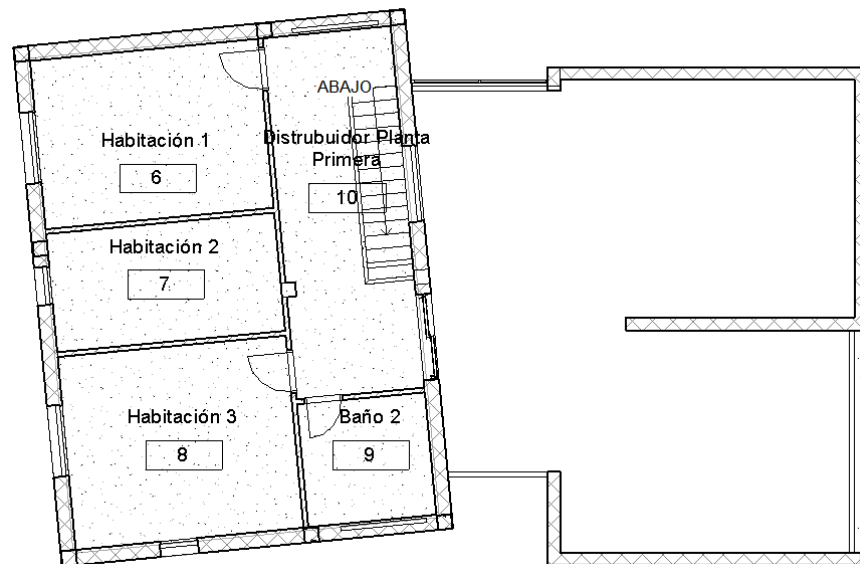
En la planta baja tenemos una zona grande que une la cocina, el comedor y la sala de estar, además tenemos un despacho y un



baño.

### 1.5.2. Planta primera

Utilizando la escalera de un tramo, ubicada en el centro del edificio, accedemos a la primera planta que consiste en tres dormitorios, un baño, un distribuidor y una terraza exterior.



## 1.6. Acabado

### 1.7 Horizontales

Cuando hablamos de los acabados horizontales, nos referimos a los pavimentos de la vivienda. En general, la casa dispone de dos tipos de pavimentos, cada una con una función determinada.

#### Parquet

El primer tipo es un pavimento cálido y natural que se encuentra colocado casi en la totalidad de la casa excluidas las zonas húmedas. Consiste en parquet de madera.

#### Baldosas cerámicas

El segundo tipo de pavimento es resistente al agua, vapor de agua y de fácil limpieza; básicamente está colocado en cuartos húmedos y consiste en baldosas cerámicas.

### 1.8 Verticales

En caso de acabados verticales, tenemos en cuenta los revestimientos de las paredes, tanto exteriores como interiores. Dicha casa consta de 2 tipos diferentes de acabado interior y un único exterior.



---

### **Papel pintado**

Primer tipo interior consiste en papel pintado resistente con posibilidad de limpieza y repintado.

### **Azulejos cerámicos**

Segundo tipo exterior consiste en baldosas cerámicas resistentes al agua y vapor de agua para los cuartos húmedos

### **Monocapa**

En el exterior el edificio está revestido con monocapa.





## 2. Análisis bioclimático

---

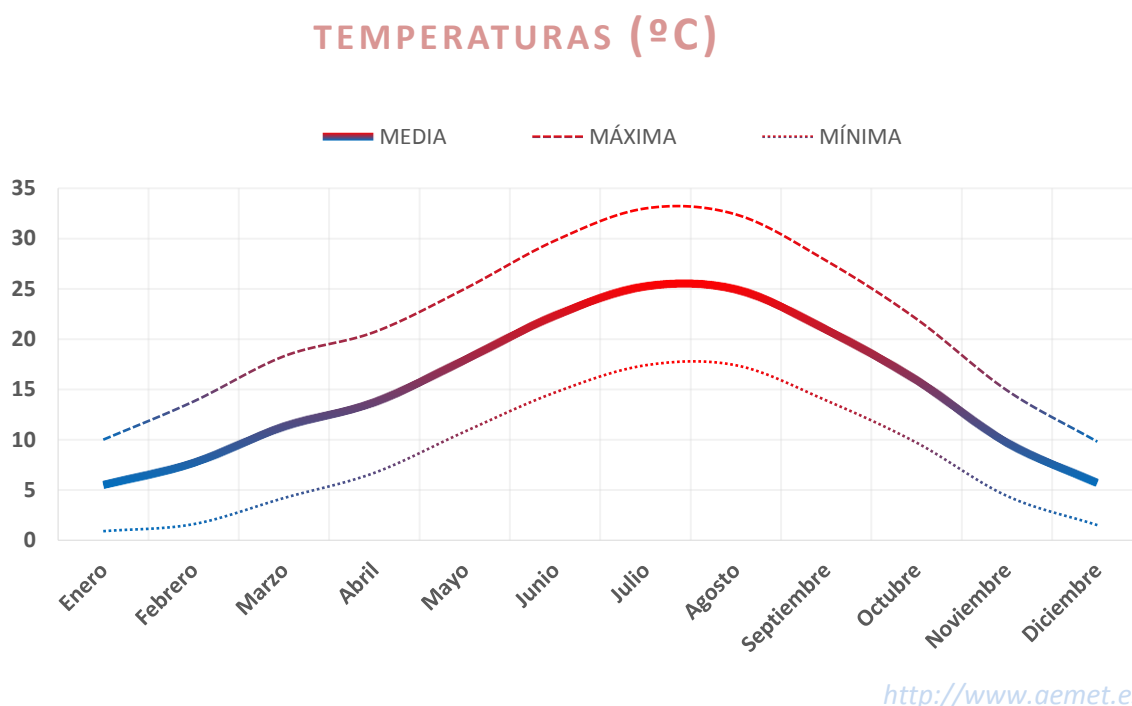


## 2.1. Estudio meteorológico

Este apartado consiste en el estudio de las condiciones meteorológicas a las que está expuesto el edificio. Para realizar dicho estudio hemos recopilado datos climáticos de la zona donde está ubicado.

Una vez analizado los datos reunidos, podremos entender que estrategias adoptar a la hora de diseñar el plan de mejora energética.

### 2.1.1. Temperatura



En el dicho gráfico podemos observar tres líneas, donde cada una de ellas representa un valor estadístico medio de temperatura de cada mes del año. La línea del medio representa la temperatura media de cada mes, la línea superior representa la temperatura máxima de cada mes, y la línea inferior representa la temperatura mínima de cada mes. Los datos de este gráfico se basan en observaciones de temperaturas desde el año 1981 hasta el 2010.

Según el gráfico podemos concluir que las temperaturas medias máximas se alcanzan en meses de julio (33 °C) y agosto (32.4 °C), y las mínimas en los meses de enero (5.5 °C) y diciembre (5.7 °C). Entre estos meses la temperatura gradualmente sube o baja.

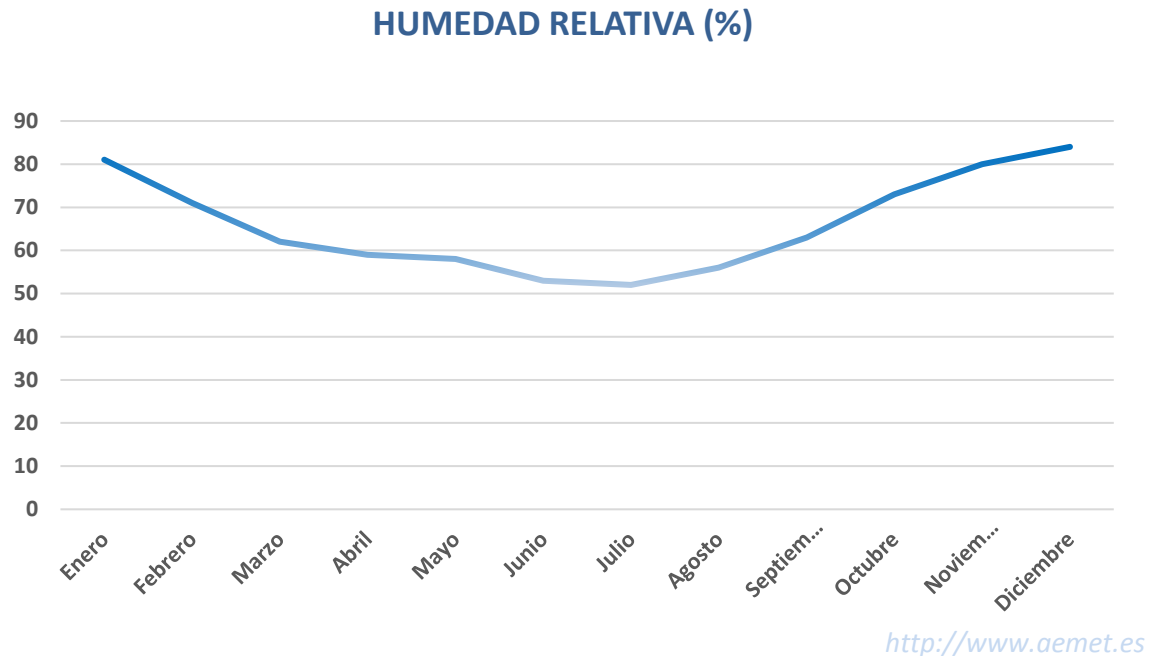
Vemos que la diferencia de temperaturas entre la estación de verano y de invierno es muy amplia.

También entendemos que las temperaturas mínimas representadas corresponden al periodo nocturno, cuando el Sol se esconde, y las temperaturas máximas corresponde al periodo diario, cuando el Sol está activo y calienta la atmósfera. Entre estas dos líneas, casi paralelas,



vemos una diferencia considerable de temperaturas, aproximadamente podemos decir que es de unos 10°C. Humedad

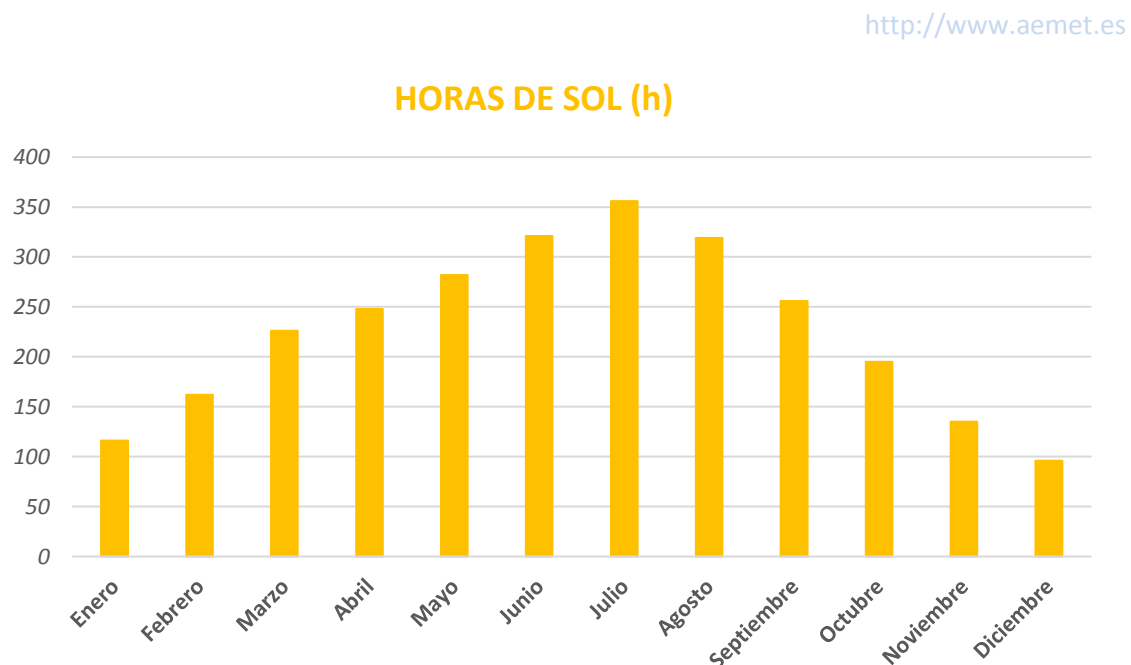
### 2.1.2. Humedad relativa



Este gráfico, de sola un lineal, representa la humedad relativa, representada en porcentajes, correspondiente a cada mes del año. Los datos de este grafico se basan en observaciones de humedad relativa desde el año 1981 hasta el 2010.

Podemos concluir que los valores superiores se obtienen en meses de enero (81 %) y diciembre (84 %), esto quiere decir que en invierno tenemos una humedad relativa muy alta, y los valores mínimos en junio (53 %) y julio (52 %), esto quiere decir que en verano tenemos una humedad relativa no muy alta. Entre estos extremos la línea se conecta casi gradualmente.

### 2.1.3. Irradiación solar



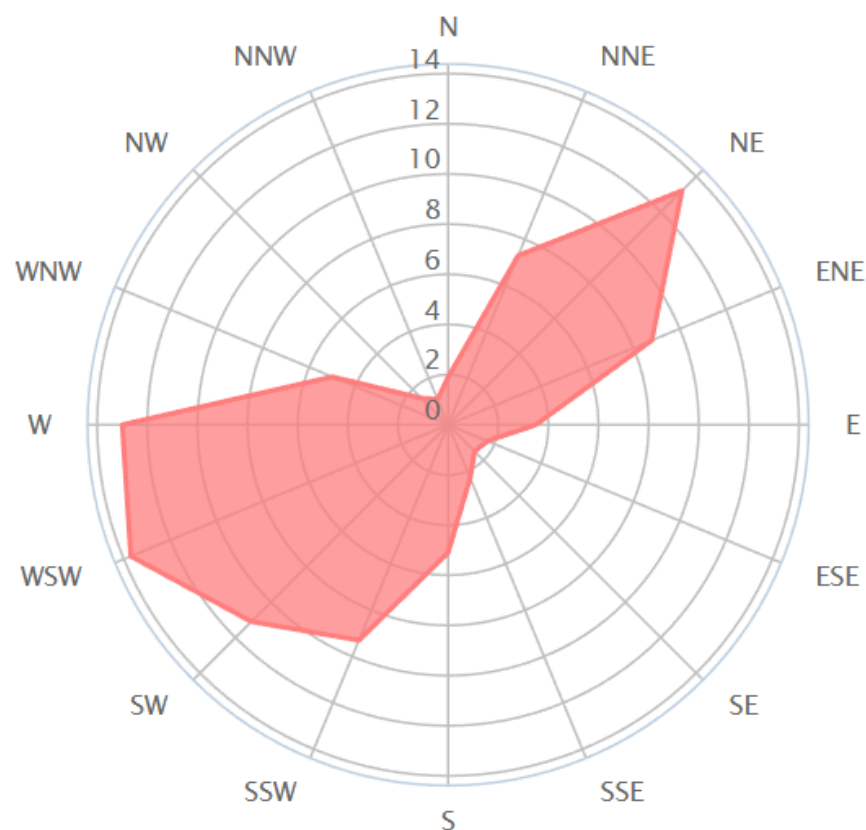


Este gráfico de columnas representa las horas de radiación solar correspondientes a cada mes del año. Los datos de este gráfico se basan en observaciones de radiación solar tomadas entre los años 1981 y 2010.

Podemos ver que el máximo valor de horas, de más de 350 h, corresponde al julio, y el mínimo valor, sin llegar al 100, a diciembre. El número total de horas de todo el año es de 2712 horas, y el valor medio de mes es de 226 horas.

#### 2.1.4. Viento y presión atmosférica

##### DIRECCIÓN DE VIENTO

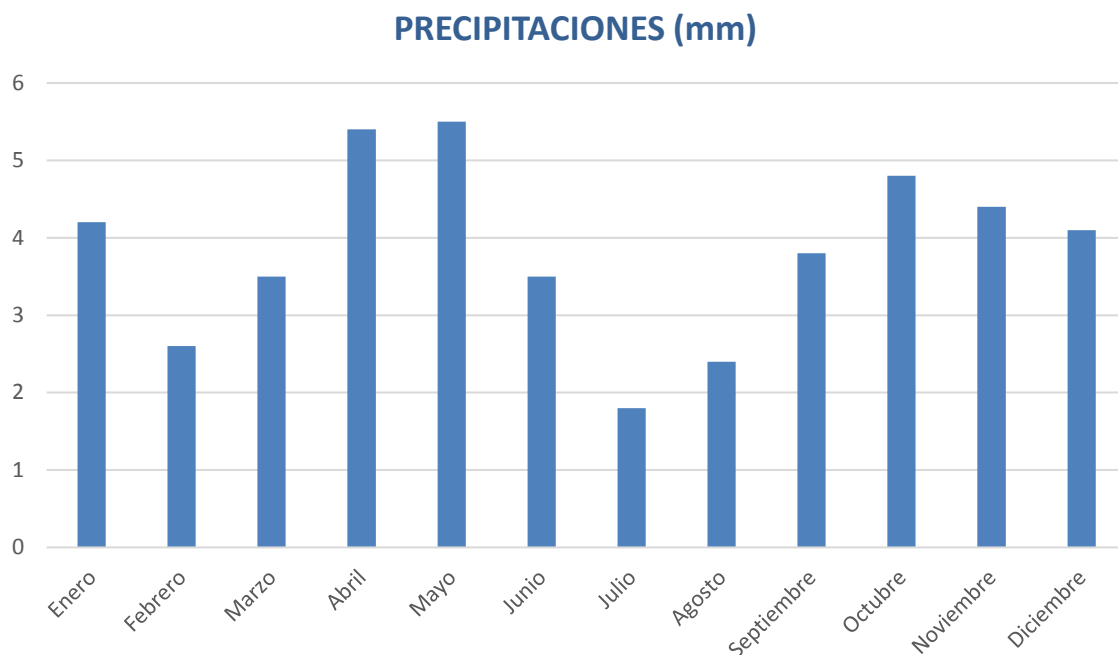


<https://es.windfinder.com>

Dicho gráfico en forma de una circunferencia representa el porcentaje medio de las distintas direcciones en las que sopla el viento durante todo el año. Estas estadísticas son basadas en observaciones de los vientos tomadas entre los años 2009 y 2017.

Podemos observar que los valores máximos corresponden a las direcciones de noreste (13.2 %), este (13 %) y sudoeste (13.7 %), y los valores mínimos a sudeste (1.7 %) y noroeste (1.5 %).

### 2.1.5. Precipitaciones



Este gráfico de columnas muestra los valores de precipitaciones en milímetros, acumulados en una hora, correspondientes a cada mes del año. Estas estadísticas son basadas en observaciones de precipitaciones tomadas entre los años 2009 y 2017.

Podemos ver que los valores mayores de precipitaciones caen a los meses de abril y mayo, y el menor a julio.

En general vemos que la intensidad de las precipitaciones es moderada, entre 1 mm y 6 mm. Esto quiere decir que la instalación de aprovechamiento de aguas de lluvia, como riego de jardín o utilización en los inodoros, no será muy útil y rentable, ya que el volumen de agua no llega a ser lo suficientemente grande como para luego abastecer dichos sistemas.

### 2.1.6. Clima

Viendo estos gráficos, podemos ver que los inviernos son húmedos y muy fríos y los veranos muy cálidos. El promedio de precipitación anual es bastante escaso, con los máximos en primavera.

## 2.2. Análisis del entorno

El emplazamiento de un edificio determina las condiciones climáticas particulares del entorno a los que deberá dar respuesta.

Se pueden aprovechar estas condiciones e incluso, con algunas limitaciones, modificarlas para favorecer el comportamiento energético, concepto conocido como corrección del entorno.



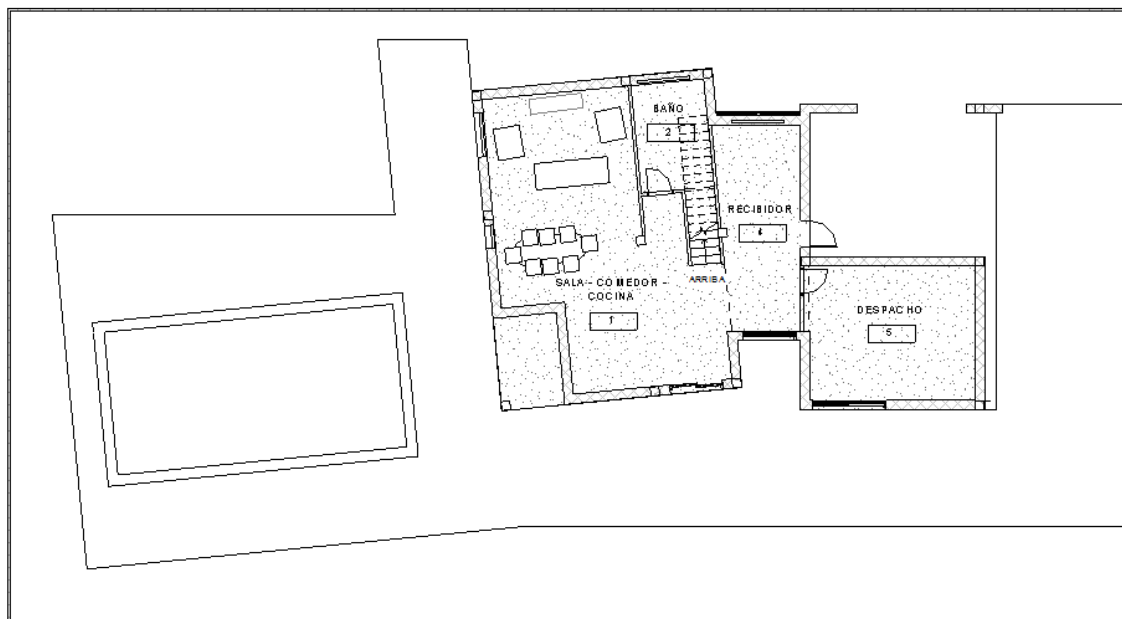
Además de considerar el clima general de la zona (temperatura, radiación solar, humedad, precipitaciones y viento), hay que tener en cuenta en cuanto la posible influencia de otros parámetros que conforman el microclima cercano, como la orientación, la altitud, la orografía del terreno, la presencia cercana de masa de agua o masa forestal y áreas urbanas.

Teniendo presentes estos conceptos, se procede a analizar una parcela y su entorno cercano (microclima), ubicados en Lleida.

### 2.2.1. Parcela

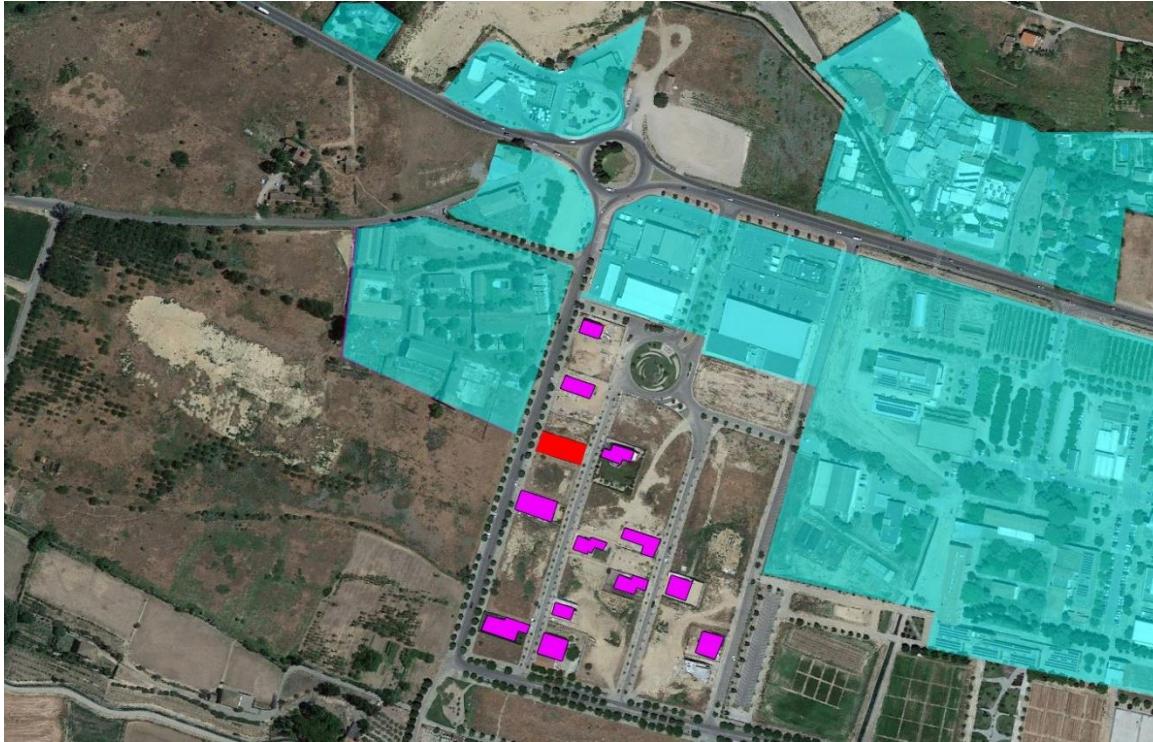
La parcela tiene 38 metros de longitud y 20.85 metros de anchura, en total forma una superficie de 792.3 m<sup>2</sup>. En su interior dispone de la única construcción, que es el propio edificio, y además dispone de una piscina de 10.6x5.6 metros. Hace falta destacar que el elemento piscina, situado delante de la fachada norte-oeste, aporta inercia térmica al conjunto del edificio, así como sensación de frescura debido a la creación de corrientes de aire provocados por la evaporación de agua.

#### PLANO DE LA PARCELA



### 2.2.2. Entorno

Estudiando el micro clima a partir del plano superior, vemos que la parcela analizada, que se representa de color rojo en el plano, se encuentra aislada del entorno denso urbano.



Al oeste y sud-oeste vemos que la distribución de las construcciones vecinas es muy dispersa y generalmente con una altura de dos sin superar tres plantas. Dicha construcción no va a ser ningún obstáculo y no van a generar ningún problema a la hora de obtener una ventilación producida por corrientes naturales de aire, pero tampoco va a recibir sombra generada por edificio colindante.

Al norte-este vemos que se encuentran una serie de edificaciones que están a una distancia bastante alejada, por lo tanto, no van a influenciar de ninguna manera a nuestro edificio.

## 2.3. Análisis solar

En este apartado vamos a estudiar como el Sol afecta al edificio estudio, el recorrido solar, el ángulo de la radiación solar y otros puntos fundamentales a la hora de proyectar o rehabilitar un proyecto con criterios de arquitectura bioclimática.

Los recorridos solares que vamos a estudiar van a ser dos , el de solsticio de verano (21 de junio) y el de invierno (21 de diciembre).

En primer lugar, vamos a estudiar el comportamiento de la trayectoria solar en el solsticio de verano, al 21 de junio, donde el sol adquiere su máxima altura y la proyección de esta es la más perpendicular al plano ortogonal siendo también el punto de máxima radiación solar.



En segundo lugar, vamos a estudiar el solsticio de invierno, al 21 de diciembre, donde el sol adquiere su punto más bajo, y su proyección es la más perpendicular a los planos de la fachada, donde los paramentos recogen la mínima radiación solar.

### 2.3.1. Solsticio de verano



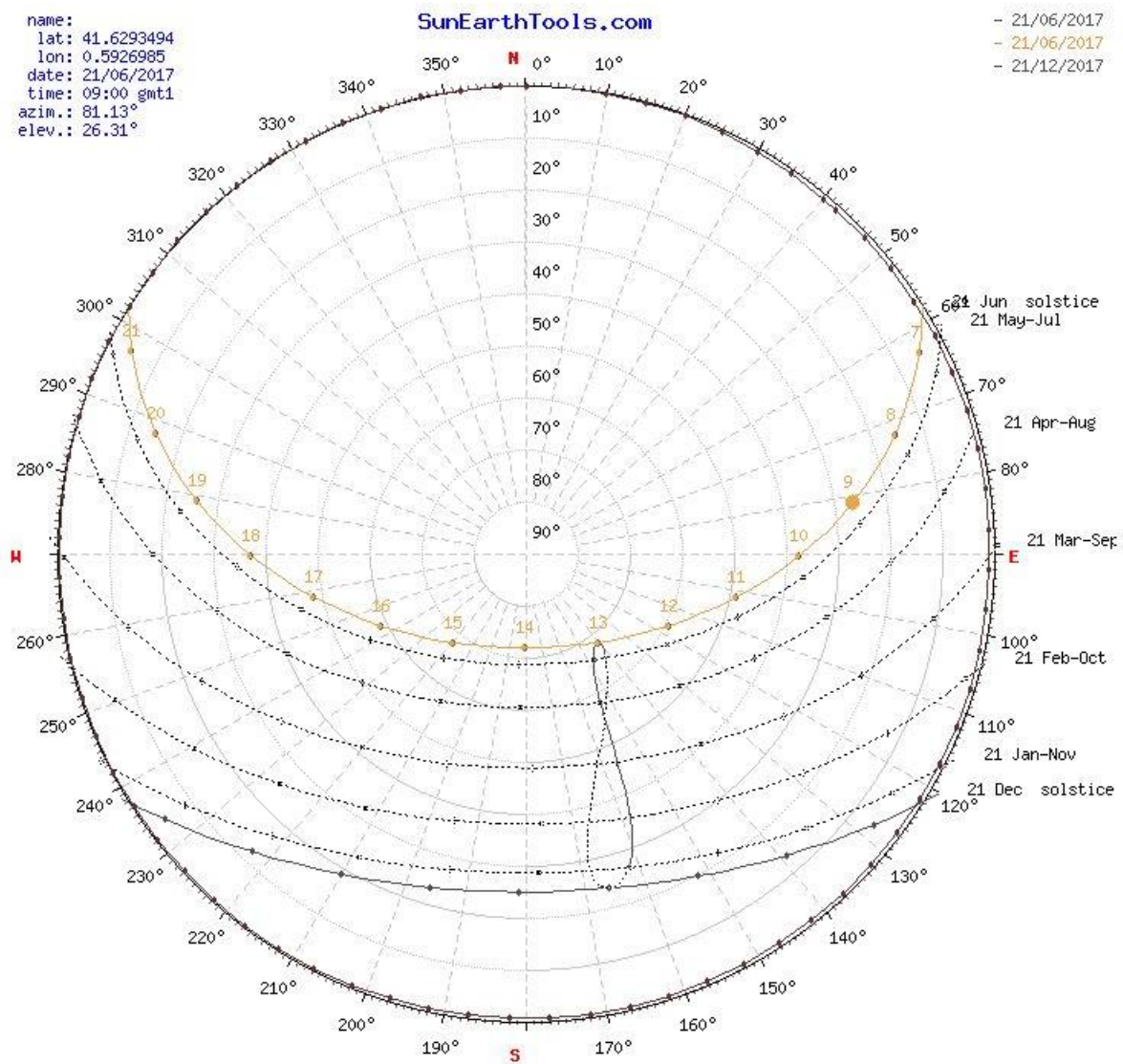
En esta imagen la curva superior amarilla muestra el recorrido dividido por horas perteneciente a la fecha de 21 de junio. Si alzamos una línea desde cualquier punto que indica la hora de dicha curva hasta el centro, tendremos una línea que indicará la dirección de la radiación solar sobre la parcela estudiada de la hora elegida. En nuestro caso trazamos 3 líneas: 9:00 horas, 14:00 horas y 19:00 horas.

Ya tenemos determinada la dirección de la radiación solar, a continuación, vamos a determinar la inclinación de la misma. Para esto vamos a utilizar la herramienta como la carta solar polar, que nos permite determinar el ángulo de la radiación solar en función de la hora y fecha del día. Para mostrar cómo funciona, vamos a coger de ejemplo las 9:00 de la mañana de 21 de junio.

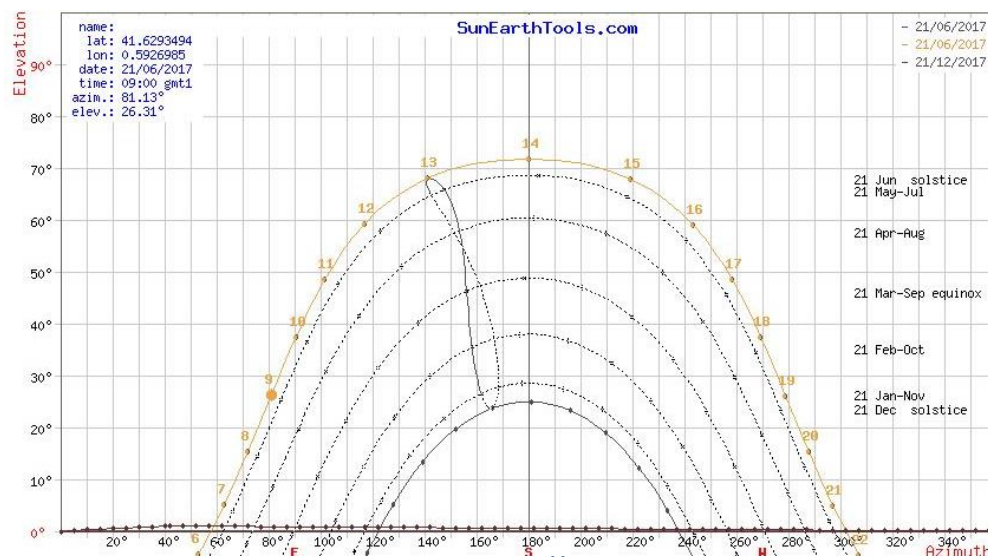




## Carta solar



## Grafico lineal



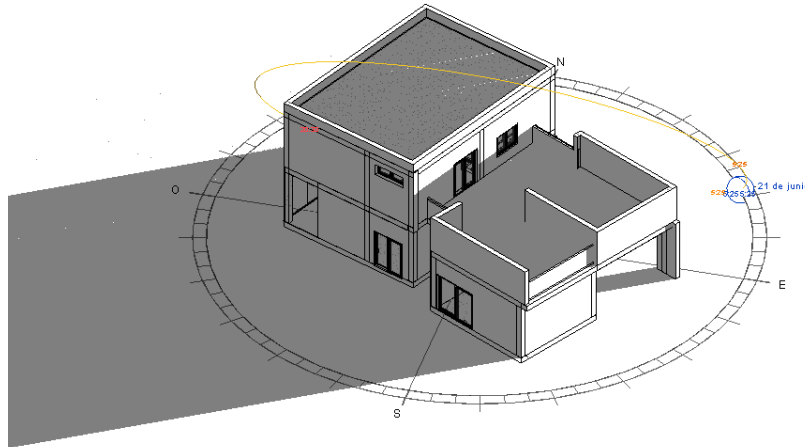


Del mismo modo hemos analizado el ángulo de incidencia de las otras horas del día y hemos elaborado una tabla donde hemos reunido toda la información de los ángulos y de azimuts.

<b>COORDINAR:</b>	<b>41.6293494, 0.5926985</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Calle Morera, 21, 25199 Lleida, España	
<b>HORA</b>	<b>ELEVACIÓN</b>	<b>AZIMUT</b>
<b>6:23:28</b>	-0.833	56.96
<b>7:00:00</b>	5.07	62.91
<b>8:00:00</b>	15.42	72.13
<b>9:00:00</b>	26.31	81.13
<b>10:00:00</b>	37.48	90.63
<b>11:00:00</b>	48.61	101.75
<b>12:00:00</b>	59.19	116.84
<b>13:00:00</b>	67.98	141.09
<b>14:00:00</b>	71.81	180.37
<b>15:00:00</b>	67.86	219.43
<b>16:00:00</b>	59.03	243.47
<b>17:00:00</b>	48.43	258.46
<b>18:00:00</b>	37.29	269.54
<b>19:00:00</b>	26.13	279.02
<b>20:00:00</b>	15.24	288.02
<b>21:00:00</b>	4.9	297.25
<b>21:35:30</b>	-0.833	303.03

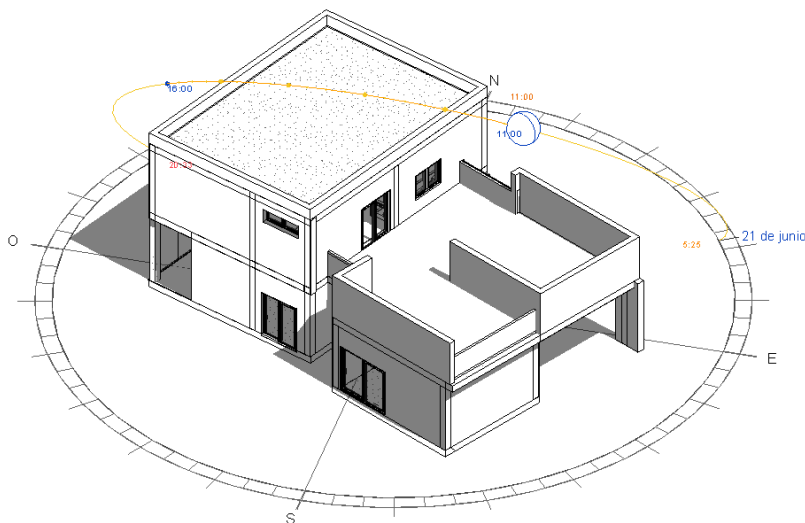
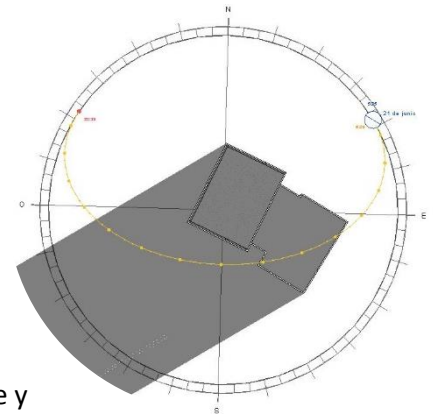
### 2.3.2. Análisis solar de sombras de solsticio de verano

Dicho análisis consiste en determinar el grado de afectación de cada cara de fachada exterior de la vivienda por la radiación solar directa.



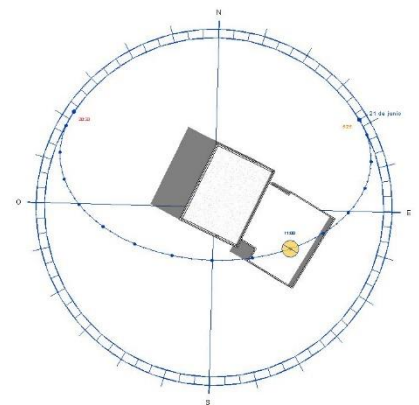
**5:25**

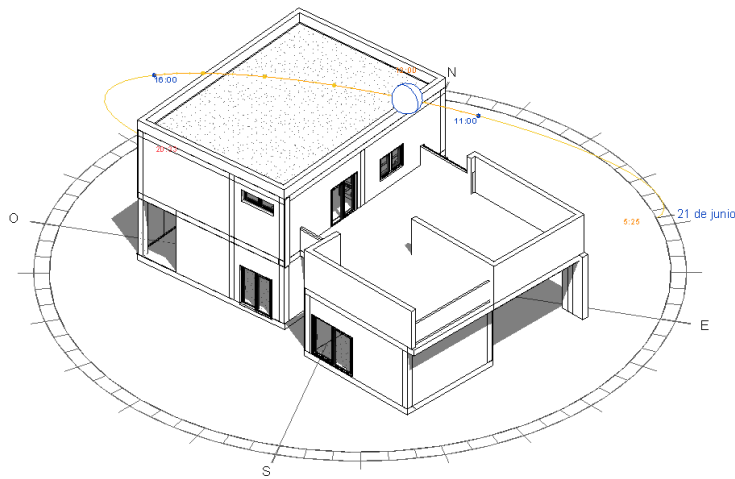
En esta ilustración podemos ver cómo afecta el sol al edificio nada más amanecer (5:25 horas). Vemos que las fachadas afectadas son norte-este y sud-este.



**11:00**

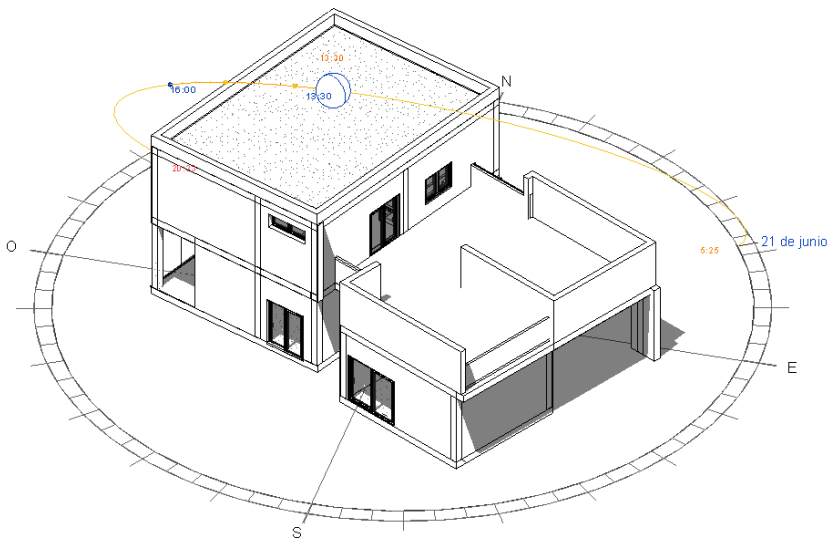
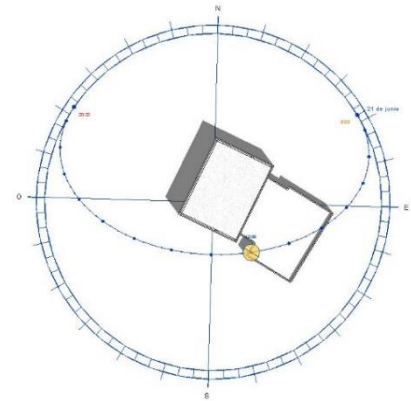
En esta ilustración el sol se distribuye de tal manera que empieza a afectar la fachada sud-oeste, la posición del sol pertenece a las 11:00 horas.





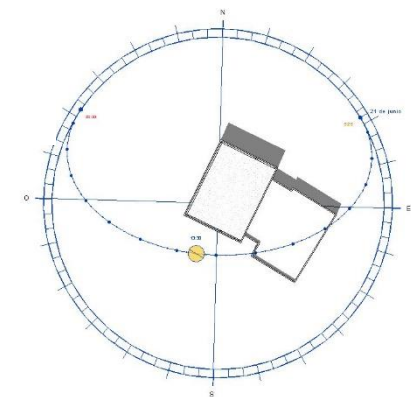
**12:00**

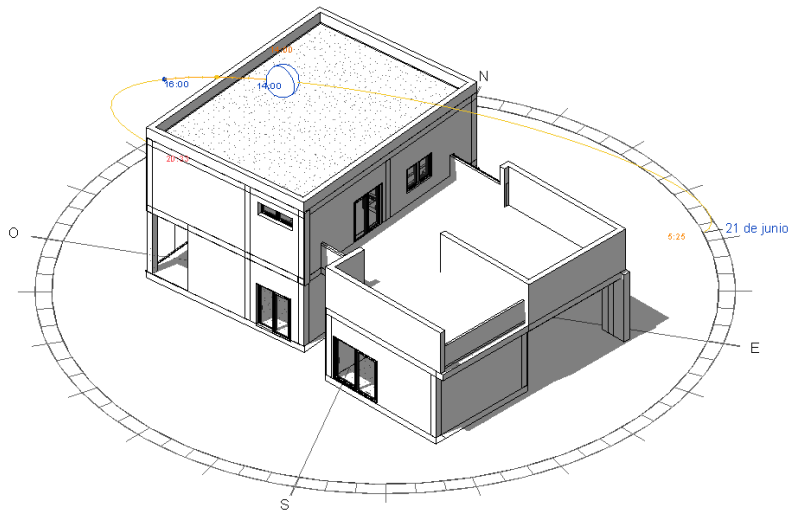
En esta ilustración el reloj marca las 12:00, en este momento el sol deja de actuar sobre la fachada norte-este.



**13:30**

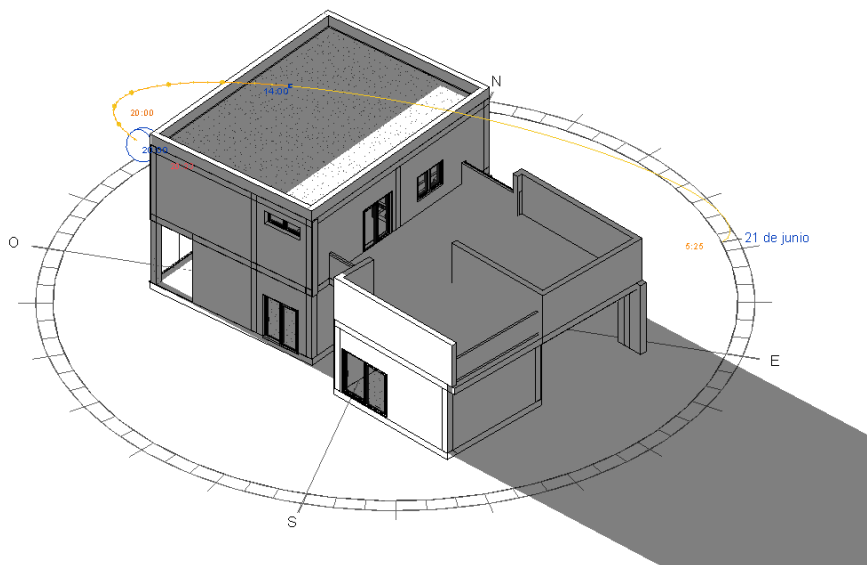
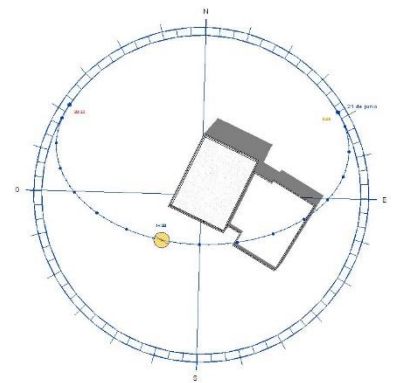
En esta ilustración el reloj marca las 13:30, es cuando el sol empieza a afectar la fachada del norte-oeste.





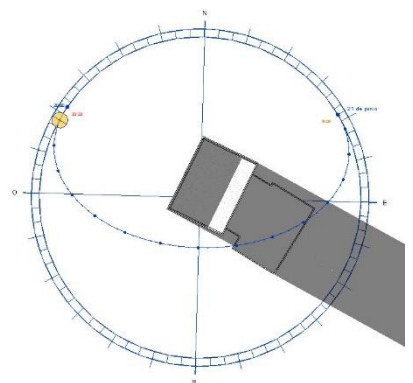
**14:00**

En esta ilustración el reloj marca las 14:00, a partir de esta hora el sol deja de actuar sobre la fachada sud-este.



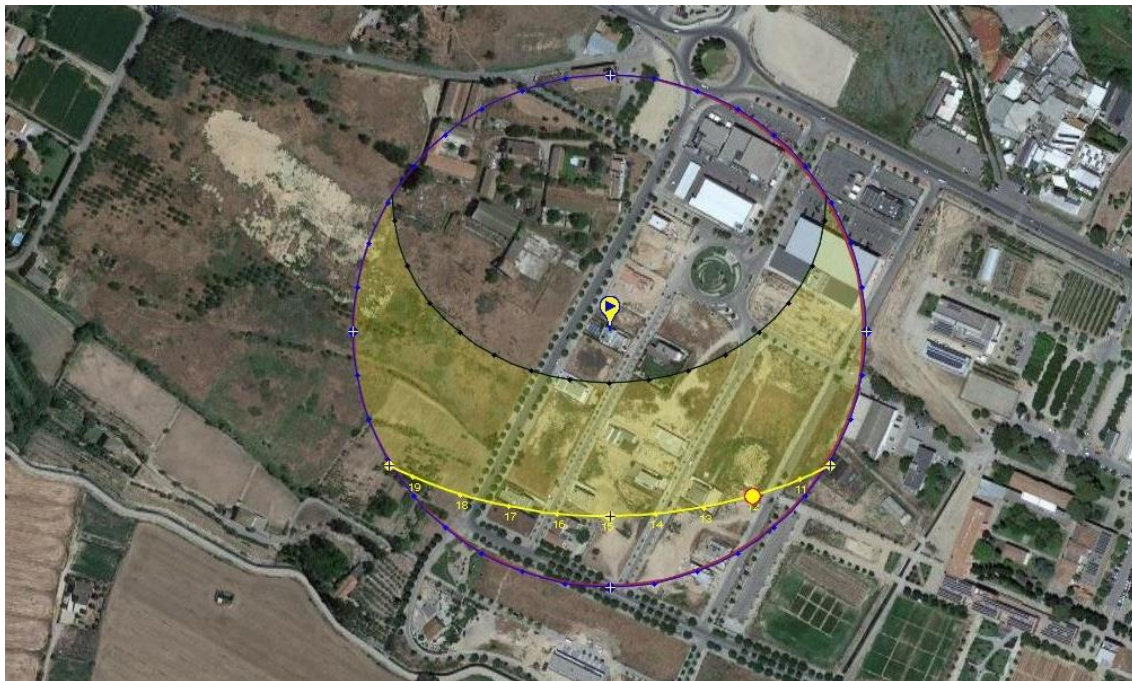
**20:00**

En esta ilustración el reloj marca las 20:00 horas, en este momento el sol deja de actuar sobre la fachada sud-oeste y empieza a afectar la fachada norte-este.





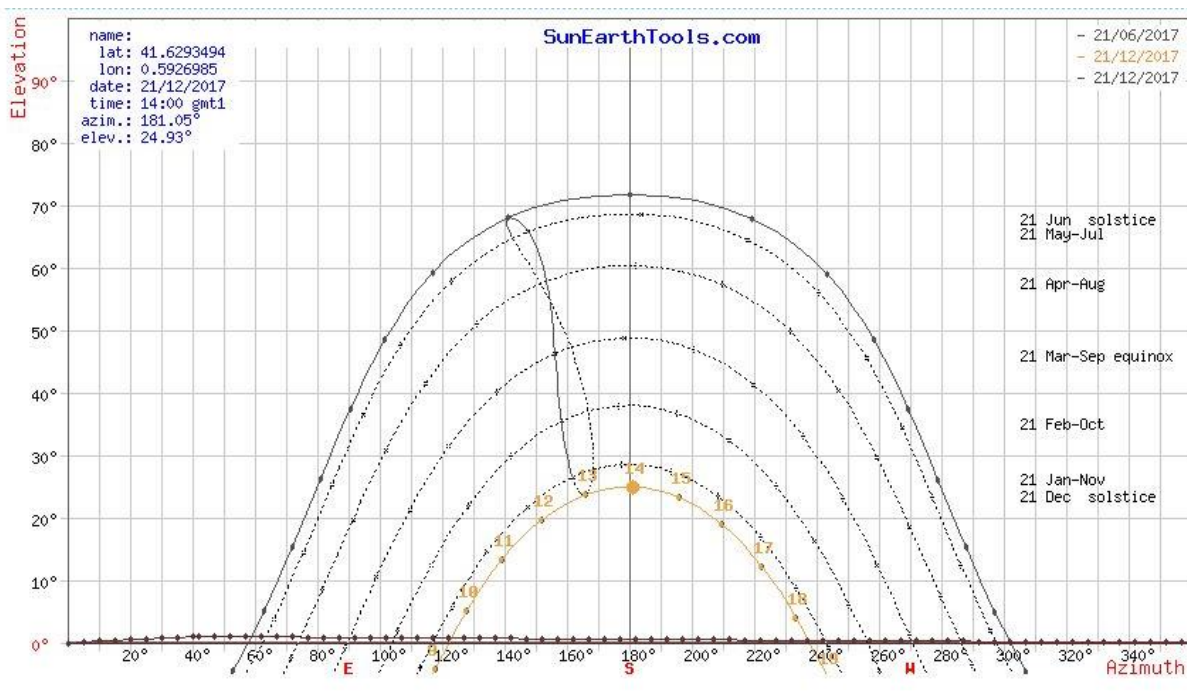
### 2.3.3. Solsticio de invierno



En esta imagen la curva superior amarilla muestra el recorrido dividido por horas perteneciente a la fecha de 21 de diciembre. Si alzamos una línea desde cualquier punto que indica la hora de dicha curva hasta el centro, tendremos una línea que indicará la dirección de la radiación solar sobre la parcela estudiada de la hora elegida. En nuestro caso trazamos 3 líneas: 9:00 horas, 14:00 horas y 19:00 horas.

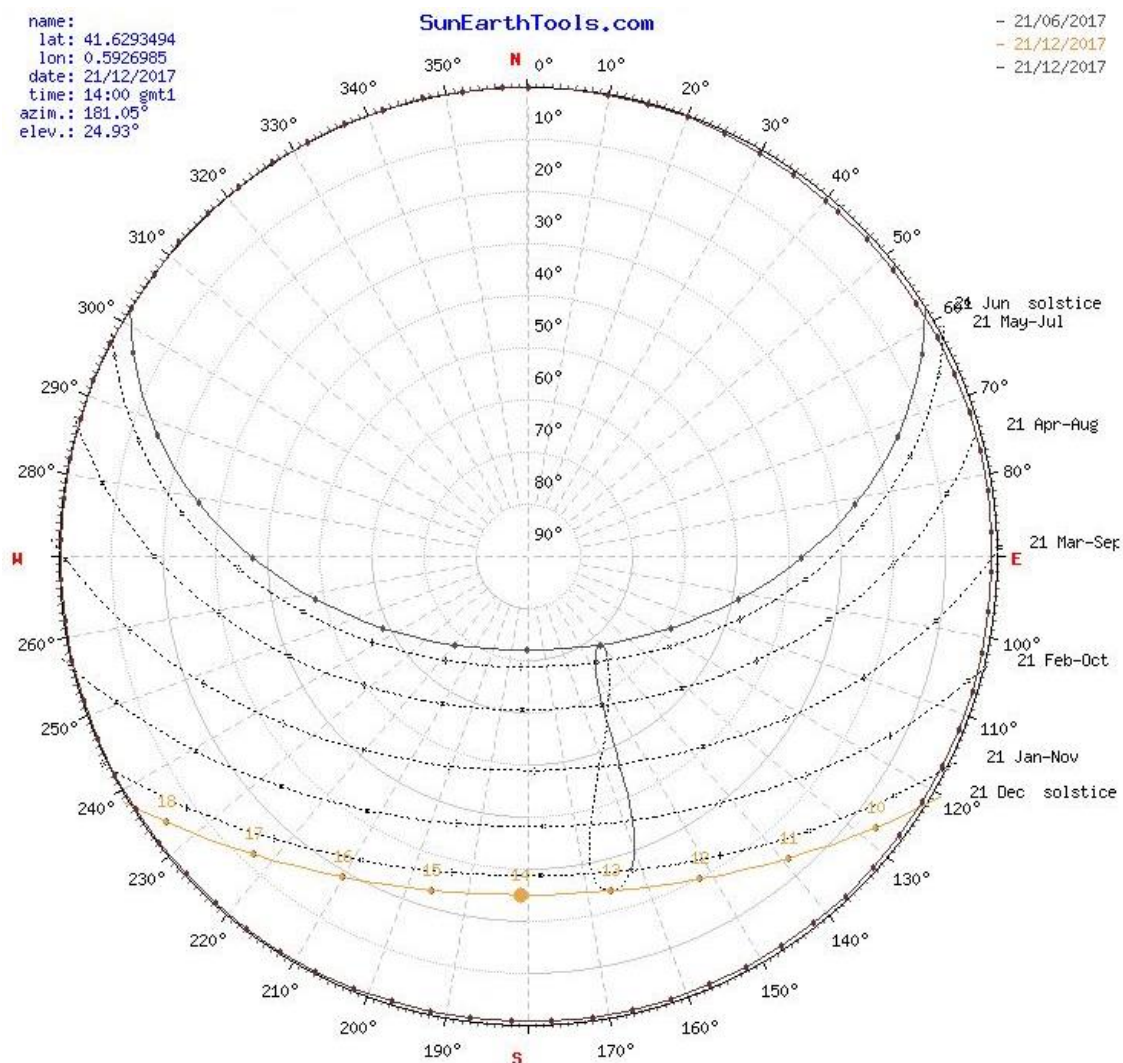
Ya tenemos determinada la dirección de la radiación solar, a continuación, vamos a determinar la inclinación de la misma. Para esto vamos a utilizar la herramienta como la carta solar polar, que nos permite determinar el ángulo de la radiación solar en función de la hora y fecha del día.

#### Grafico lineal





## Carta solar polar



Del mismo modo hemos analizado el ángulo de incidencia de las otras horas del día y hemos elaborado una tabla donde hemos reunido toda la información de los ángulos y de azimuts.

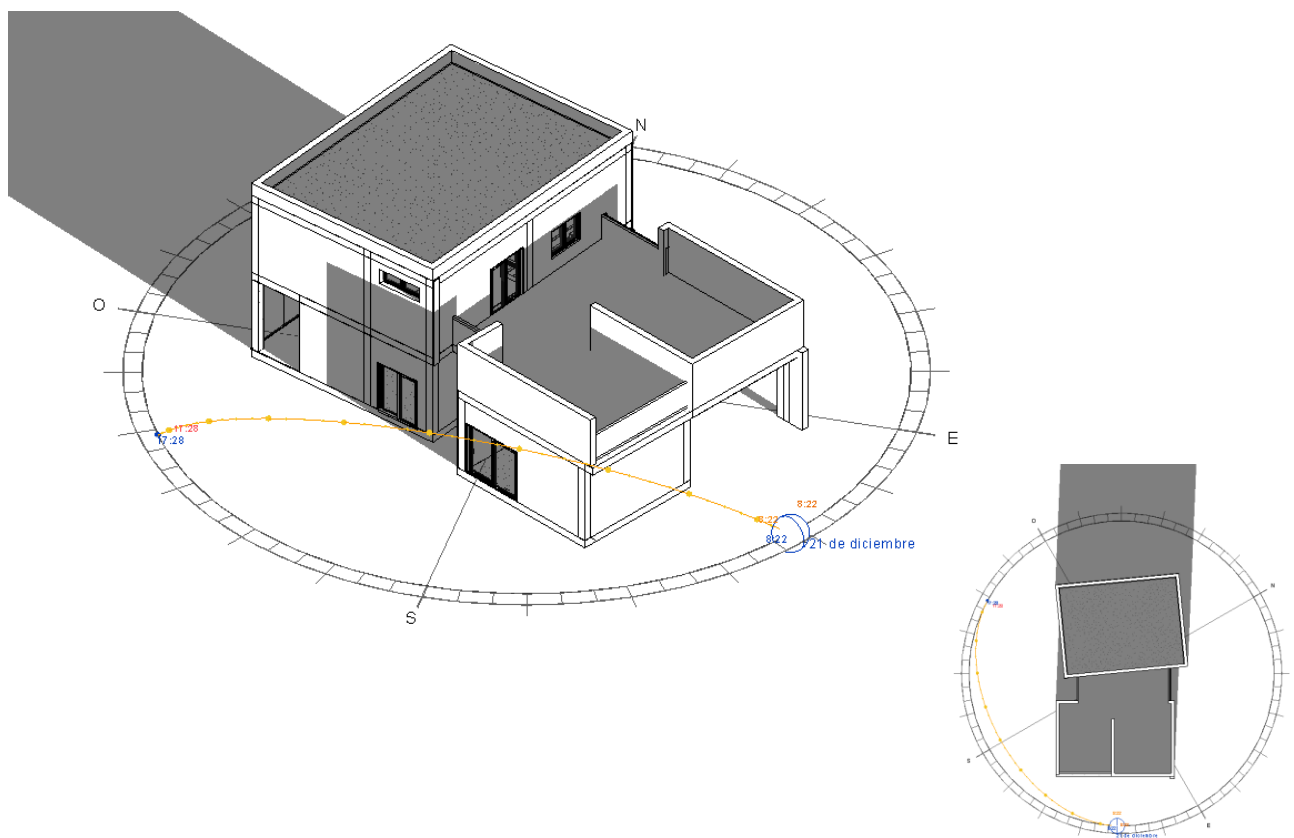
<b>COORDINAR:</b>	<b>41.6293494, 0.5926985</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	Calle Morera, 21, 25199 Lleida, España	
<b>HORA</b>	<b>Elevación</b>	<b>Azimut</b>
<b>9:21:07</b>	-0.833	121.28
<b>10:00:00</b>	5.14	127.9
<b>11:00:00</b>	13.27	139.14
<b>12:00:00</b>	19.63	151.87



<b>13:00:00</b>	23.66	166.02
<b>14:00:00</b>	24.93	181.05
<b>15:00:00</b>	23.26	196.02
<b>16:00:00</b>	18.87	209.99
<b>17:00:00</b>	12.24	222.5
<b>18:00:00</b>	3.9	233.56
<b>18:30:31</b>	-0.833	238.72

#### 2.3.4. Análisis solar de sombras de solsticio de invierno

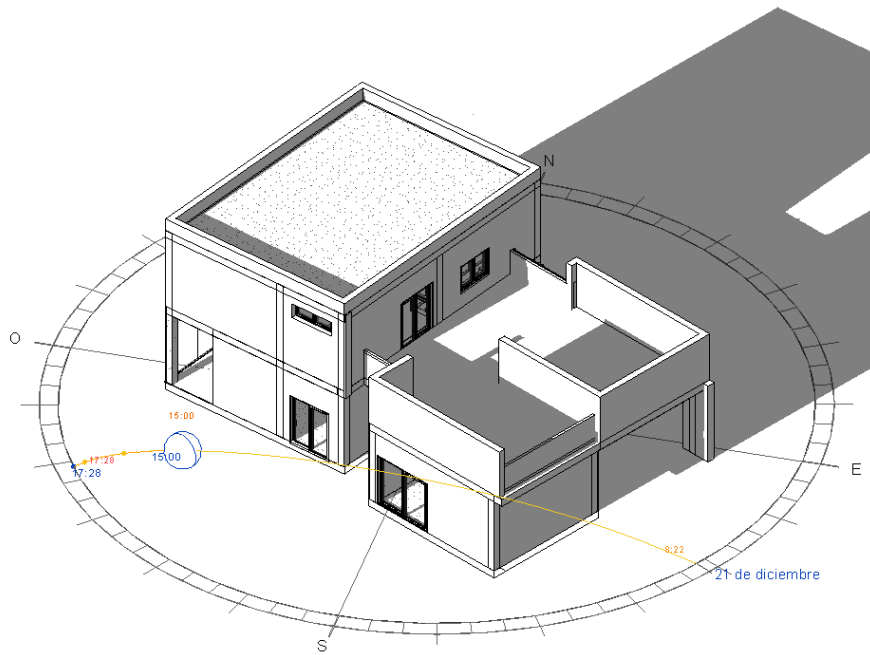
Dicho análisis consiste en determinar el grado de afectación de cada cara de fachada exterior de la vivienda por la radiación solar directa.



8:22

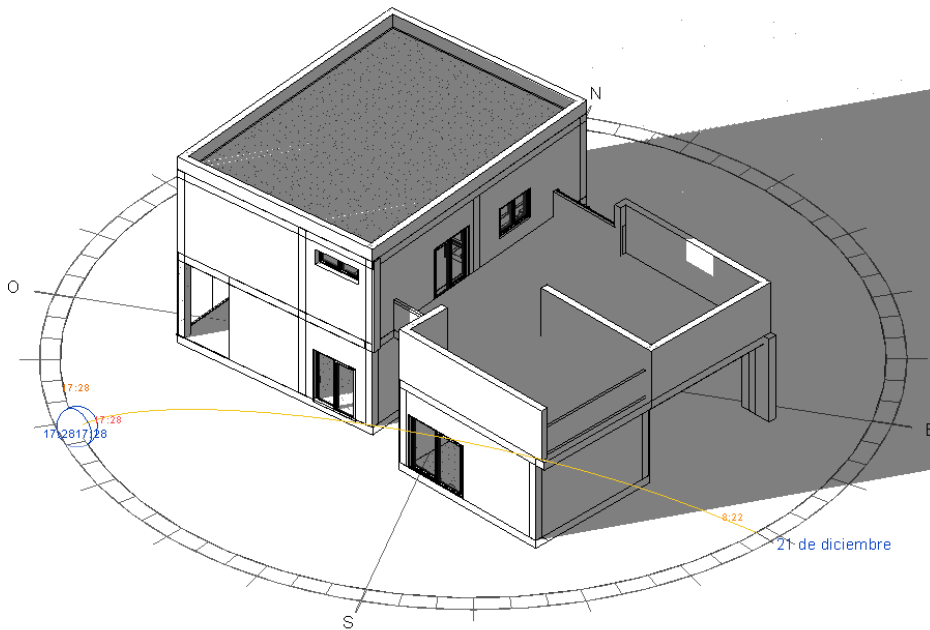
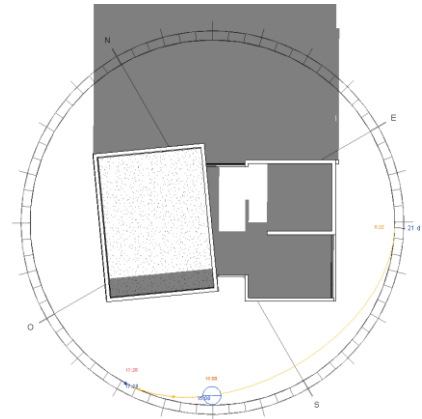
El amanecer empieza a las 8:22. Es cuando se ven afectadas las fachadas sudeste y sudoeste, con un ángulo de radiación mínimo.





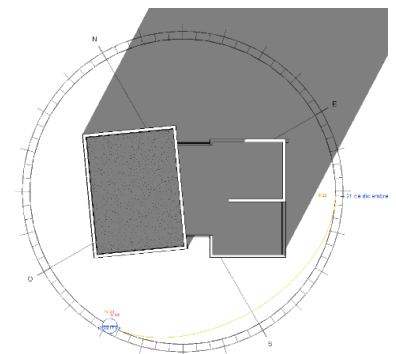
15:00

A las 15:00 de la tarde, el sol deja de afectar a la fachada sudeste y empieza a actuar sobre la noroeste, también siguiendo actuando sobre la fachada sudoeste.



17:28

A las 17:28 se produce el anochecer.



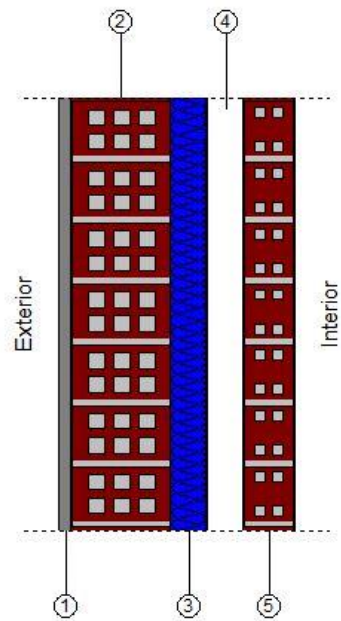


## 2.4 Envoltentes

En este apartado vamos a calcular el valor U (Transmitancia térmica) de las envoltentes opacas y transparentes, dicho de otro modo, las paredes exteriores y carpintería exterior.

### 2.5.1 Envoltente opaca: Cerramiento exterior

Como hemos explicado en el apartado de descripción de



Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica	Resistencia térmica
1	Fábrica de ladrillo cerámico hueco	0.14	0.16	0.88
2	Poliestireno extruido	0.05	0.036	1.39
3	Camera de aire sin ventilar	0.05	0.16	0.31
4	Fábrica de ladrillo cerámico doble hueca	0.07	0.16	0.44
5	Acabado interior de yeso	0.01	0.3	0.03
6	Sentido de flujo de calor			0.17
Transmitancia térmica				0.31

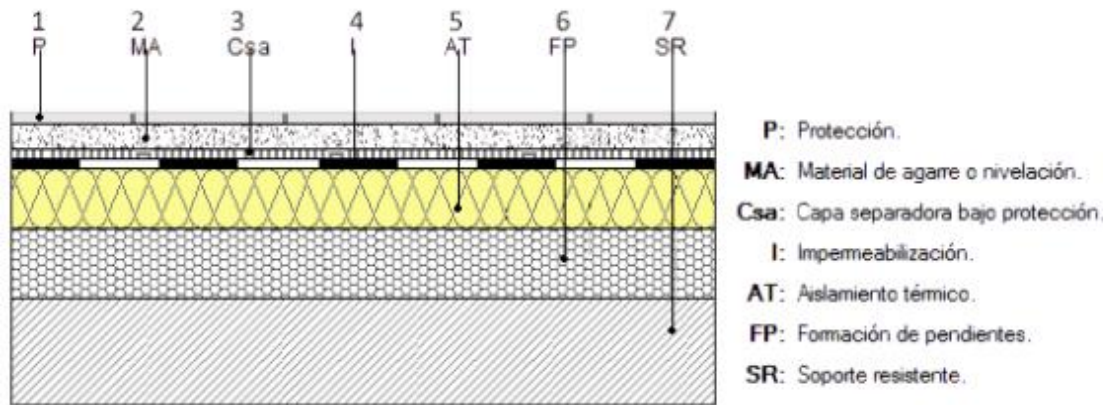
cerramientos,

Detalle cerramiento exterior

Calculo de transmitancia térmica

### 2.5.2 Envoltente opaca: Terraza

Detalle terraza



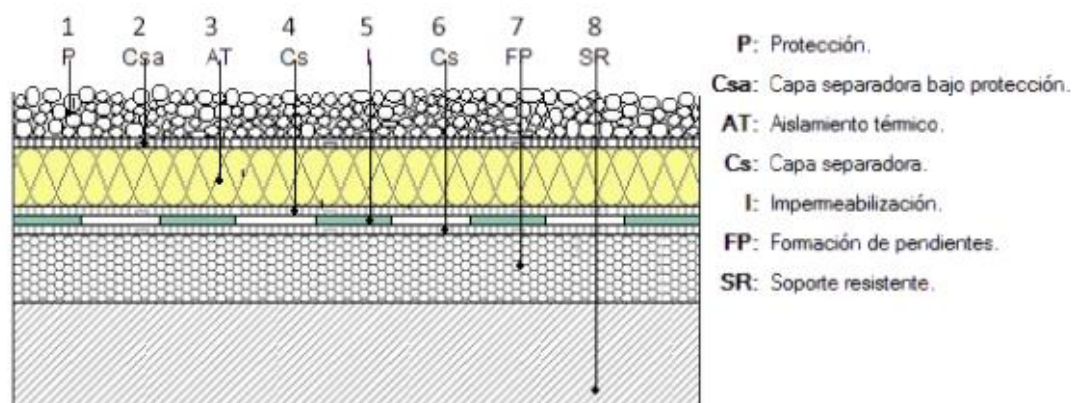


Nº	Material	Espesor (cm)	Conductividad térmica	Resistencia térmica
1	Pavimento de gres rústico	0.01	2.3	0.00
2	Mortero de cemento	0.04	1.3	0.03
3	Geotextil de poliéster	0.0008	0.038	0.02
4	Impermeabilizante asfáltico	0.0036	0.23	0.02
5	Lana mineral soldable	0.05	0.038	1.32
6	Capa de regularización	0.04	1.3	0.03
7	Formación de pendientes	0.1	0.19	0.53
8	Forjado unidireccional	0.3	1.63	0.18
	Sentido de flujo de calor			0.14
<b>Transmitancia térmica</b>				<b>0.44</b>

### Calculo de transmitancia térmica

#### 2.5.3 Envoltente opaca: Cubierta

##### Detalle cerramiento



### Calculo de transmitancia térmica

Nº	Material	Espesor (m)	Conductividad térmica	Resistencia térmica
1	Capa de grava	0.1	2	0.05
2	Geotextil de poliéstire	0.0008	0.038	0.02
3	Poliestireno extruido	0.04	0.034	1.18



4	Geotextil de poliéstire	0.0015	0.038	0.04
5	Impermeabilización con PVC	0.0012	0.17	0.01
6	Geotextil de poliéstire	0.0015	0.038	0.04
7	Formación de pendientes	0.04	1.3	0.03
8	Forjado unidireccional	0.1	1.9	0.05
	Sentido de flujo de calor			0.14
		<b>Transmitancia térmica</b>		<b>0.64</b>

### 3. Análisis energético

---



### 3.1. Introducción

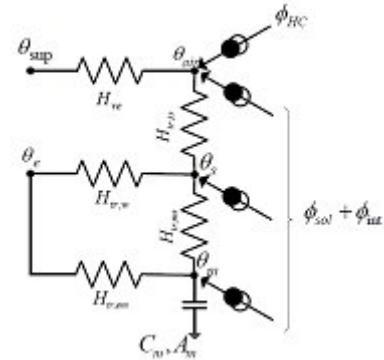
Después de realizar un análisis bioclimático del edificio objeto del estudio e identificar todas las características, tanto climatológicas como del entorno inmediato, vamos a proceder a realizar el estudio energético del mismo, con la finalidad de determinar el consumo necesario para alcanzar un confort térmico óptimo del edificio.

Para realizar dicha simulación energética vamos a utilizar el Software CYPECAD MEP y CYPETHERM HE, explicando en apartados correspondientes la finalidad de cada uno.

A partir de la versión digital del edificio estudiado realizado en Revit, procederemos a realizar otra copia digital con el programa CYPECAD MEP, asignando todas las características técnicas del conjunto. Una vez finalizado, procederemos a realizar el estudio y la simulación energéticos con ayuda del programa CYPECAD MEP, que nos permitirá obtener los resultados deseados de consumo de refrigeración y calefacción del edificio.

### 3.2. Procedimiento de cálculo de la demanda energética

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- El diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- La evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- El acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- Las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- Las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes



térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;

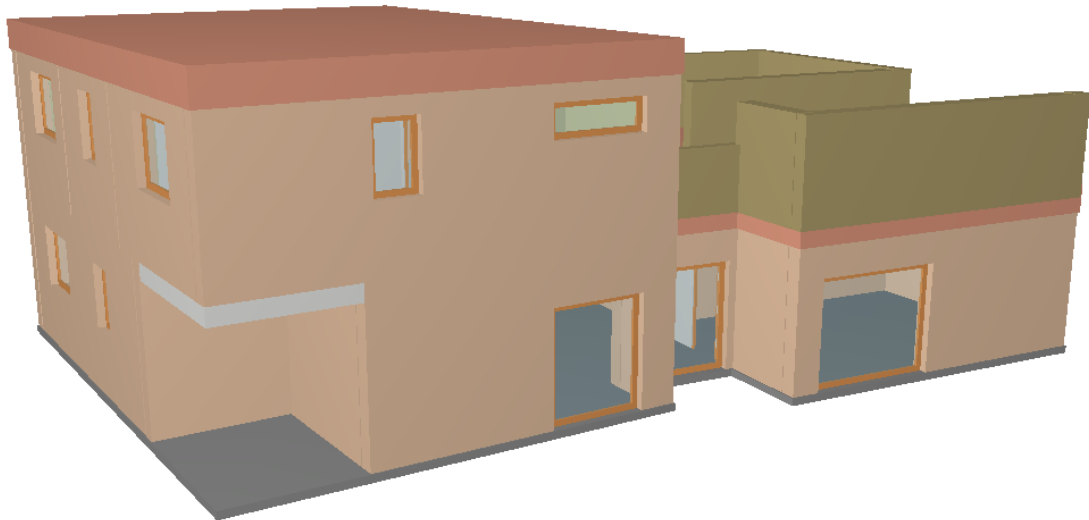
- Las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- Las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Además, permitiendo la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

### 3.3. CYPECAD MEP

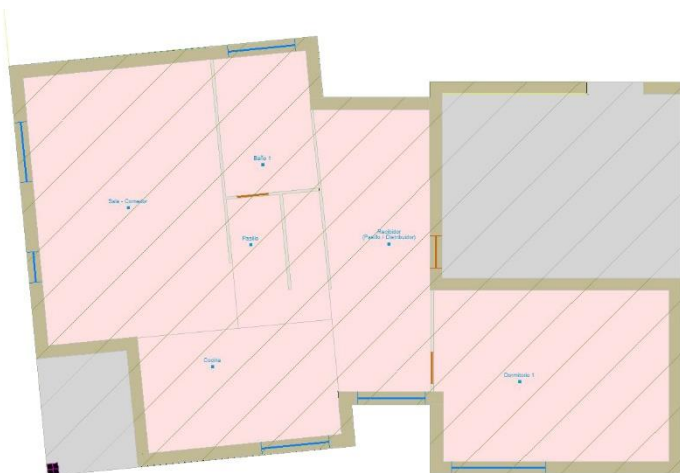
A continuación, podemos observar unas ilustraciones del modelo digital construido en el programa CYPECAD MEP.

#### Perspectiva

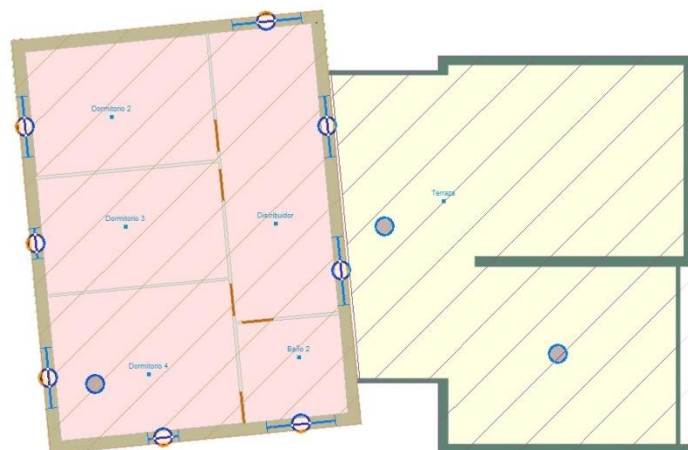




Planta baja



Planta primera



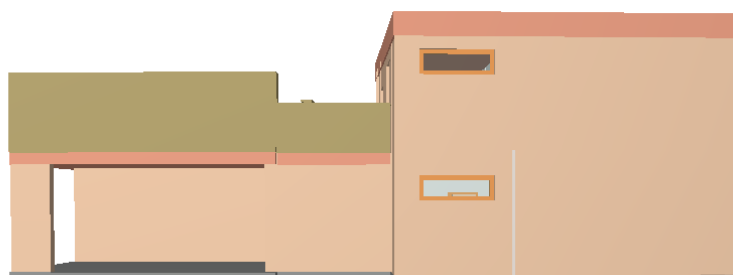
Fachada NO



Fachada SO



Fachada NE



Fachada SE







### 3.4. Resultados de cálculo de la simulación

Para determinar las demandas energéticas esenciales del edificio, a partir de la versión digital construida en CYPECAD MEP, teniendo en cuenta todos los parámetros técnicos de construcción, hemos realizando una simulación energética del edificio.

Una vez realizada la simulación, el programa nos ha dado una serie de tablas que representan los resultados de pérdidas de calor en negativo y de ganancias de calor en positivo de los siguientes componentes del edificio:

- **Elementos pesados en contacto con el exterior (fachadas y puentes térmicos).**
- **Elementos ligeros en contacto con el exterior (ventanas y puertas).**
- Transmitancia por ventilación.
- Ganancias de calor interna sensible.
- **Ganancias de calor solar.**
- Cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio.
- **Energía aportada por calefacción y de refrigeración.**

La demanda final es el resultado de combinar todas las pérdidas y ganancias energéticas que tiene el edificio a largo de un año. En nuestro caso actuaremos solamente en los sistemas pasivos del edificio, esto quiere decir que no vamos a actuar sobre los componentes activos del edificio.

Los más importantes para nuestro análisis son los resultados siguientes: elementos pesados, elementos ligeros, ganancias de calor solar y energía aportada por calefacción y refrigeración.

#### 3.4.1. Envolvente ocupa

Las pérdidas por la transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados, como solera, muros y cubiertas, que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio son los siguientes:

##### Cubierta

	S (m <sup>2</sup> )	$\chi$ (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh /año)	I. $\alpha$	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	$\Sigma Q_{sol}$ (kWh /año)
<b>Pérdidas y ganancias de las fachadas exteriores</b>								
Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)	45.7	282	-2015	-1292	1.2	H	1.61	431
Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, impermeabilización mediante láminas de PVC. (Forjado unidireccional)	75.5	161	0.74	-2015	1.2	H	2	827
<b>-3307</b>								<b>1258</b>





## Cerramiento exterior

	S (m <sup>2</sup> )	$\chi$ (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh /año)	$\alpha$	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	$\Sigma Q_{sol}$ (kWh /año)
Pérdidas y ganancias de las fachadas exteriores									
Fachada 1	5.45	73.3	0.45	-160.5	0.4	V	24.44	1	6.2
Fachada 2	3.31	73.3	0.45	-97.7	0.4	V	114.62	0.66	11.1
Fachada 3	15.77	64.47	0.45	-470.1	0.4	V	-65.35	1	46.8
Fachada 4	6.19	64.47	0.45	-184.6	0.4	V	-155.6	0.42	15.2
Fachada 5	13.06	64.47	0.45	-389.3	0.4	V	24.44	1	15
Fachada 6	7.97	64.47	0.45	-237.6	0.4	V	-65.56	0.68	16.2
Fachada 7	9.65	64.47	0.45	-287.9	0.4	V	-155.6	1	56.9
Fachada 8	2.93	64.47	0.45	-87.4	0.4	V	114.6	0.38	5.8
Fachada 9	8.04	64.47	0.45	-239.6	0.4	V	NE(30)	0.91	9.8
Fachada 10	2.56	64.47	0.45	-76.2	0.4	V	SO(-150)	0.69	10.4
Fachada 11	10.71	64.47	0.45	-319.3	0.4	V	SE(120)	0.2	11.1
Fachada 12	4.79	64.47	0.45	-143	0.4	V	NO(-60)	1	12.9
Fachada 13	16.22	64.47	0.45	-483.6	0.4	V	NE(30)	0.56	12.2
Fachada 14	10.31	64.47	0.45	-307.4	0.4	V	SO(-150)	1	60.6
Fachada 15	11.8	64.47	0.45	-351.8	0.4	V	SE(120)	1	62.2
Fachada 16	6.16	73.3	0.45	-181.5	0.4	V	-155.6	1	36
Fachada 17	4.84	73.3	0.45	-142.6	0.4	V	114.65	1	24.4
Fachada 18	2	73.3	0.45	-59	0.4	V	114.65	0.97	9.8
Fachada 19	6.23	64.47	0.45	-185.6	0.4	V	24.44	1	7.1
Fachada 20	3.29	64.47	0.45	-97.9	0.4	V	114.65	1	16.7
Fachada 21	10.8	64.47	0.45	-321.9	0.4	V	114.65	1	55
Fachada 22	6.9	77.58	0.45	-203.3	0.4	V	-65.35	1	20.2
Fachada 23	12.78	77.58	0.45	-376.8	0.4	V	24.44	1	14.5
Fachada 24	7.16	77.58	0.45	-211.1	0.4	V	-65.35	1	21
Fachada 25	8.21	77.58	0.45	-242.1	0.4	V	-65.35	1	24.1
Fachada 26	12.78	77.58	0.45	-376.8	0.4	V	-155.6	1	74.7
<b>-6235</b>									<b>655.9</b>



## Solera y forjado

	S (m <sup>2</sup> )	χ (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	ΣQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	I. α (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	ΣQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
<b>Pérdidas y ganancias de la solera y forjado</b>								
Solera	118	221	0.67	-2545				0
Forjado unidireccional	5.25	79.11	1.52	-504.6				0
				<b>-3050</b>				<b>0</b>

En total, la transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados es de **-65.1 kWh/(m<sup>2</sup>·año)**, teniendo en cuenta la superficie del edificio nos da **-12590.9 kWh/(m<sup>2</sup>·año)**, esto supone el **49.9 %** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-130.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)). Además, tiene unas ganancias totales de **1913.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)**.

## Puentes térmicos

Otra forma de perder la energía del interior son los puentes térmicos. Este problema es uno de los más actuales de hoy en día, ya que la arquitectura tradicional nunca los ha tenido en cuenta y ahora este problema lo padecen una gran parte de los edificios, y el nuestro no es la excepción.

	L (m)	ψ (W/(m·K))	ΣQ <sub>tr</sub> (kWh /año)
<b>Perdidas de puentes térmicos</b>			
Esquina entrante	2.33	-0.162	25
Esquina saliente	5.33	0.093	-32.9
Suelo en contacto con el terreno	54.36	0.346	-1246.2
Frente de forjado	2.06	0.413	-56.3
Frente de forjado	3.48	0.319	-73.6
Esquina saliente	20.91	0.09	-125.2
Esquina entrante	20.74	-0.16	219.8
Frente de forjado	13.95	0.556	-514.5
Frente de forjado	3.23	0.512	-109.6
Frente de forjado	2.63	0.407	-71.1
Esquina entrante	2.59	-0.163	27.9
Cubierta plana	27.15	0.658	-1182.8
Frente de forjado	3.23	0.342	-73.3
Cubierta plana	1.71	0.651	-73.6
Cubierta plana	3.44	0.649	-147.8
Frente de forjado	3.48	0.44	-101.7
Cubierta plana	10.15	0.466	-313.6
Esquina saliente	5.37	0.097	-34.6



Frente de forjado	13.95	0.287	-265.3
Cubierta plana	19.6	0.641	-832.8
			<b>-4982.3</b>

Según el documento generado por CYPETHERM HE, la transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio estudiado supone una pérdida de **-25.8 kWh/(m<sup>2</sup>·año)**, que constituye el **28.4 %** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (- 130.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio ( -71.4 kWh/(m<sup>2</sup>·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el **28.4 %**.

### 3.5. Envolvente transparente

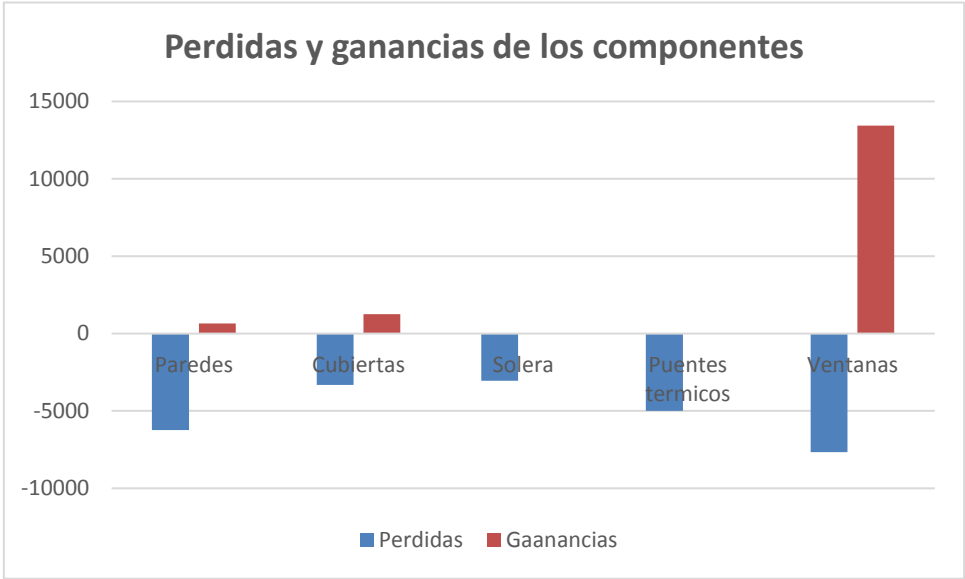
Otra componente débil del edificio que favorece las pérdidas energéticas son las envolventes transparentes, dicho de otra manera, ventanas o puertas. A continuación, representamos una tabla con resultados de intercambio de energía entre estos elementos. De forma fácil se puede observar que las ventanas con mayor superficie tienen mayores pérdidas, y las ventanas con menor superficie menores.

	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	ΣQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	α	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	ΣQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
<b>Ganancias y pérdidas de la envolvente transparente</b>												
Ventana 1	1.08	3.3	0.42	5.7	-295.9	0.77	0.4	V	24.44	1	1	229.3
Ventana 2	1.92	3.3	0.29	5.7	-487.3	0.77	0.4	V	-65.35	0.82	1	637.3
Ventana 3	0.96	3.3	0.36	5.7	-254.7	0.77	0.4	V	-65.35	0.76	1	268.5
Ventana 4	3.78	3.3	0.21	5.7	-914.8	0.77	0.4	V	-155.6	0.86	1	2270.4
Puerta exterior	1.74		1	3	-331.7		0.6	V	SE(120)	0	0.31	32.5
Ventana 5	3.78	3.3	0.21	5.7	-914.8	0.77	0.4	V	SO(-150)	0.86	0.77	1752.9
Ventana 6	5.25	3.3	0.18	5.7	-1242	0.77	0.4	V	SO(-150)	0.86	1	3275.4
Ventana 7	1.08	3.3	0.42	5.7	-295.9	0.77	0.4	V	-155.6	0.59	1	353.4
Ventana 8	1.08	3.3	0.42	5.7	-295.9	0.77	0.4	V	24.44	1	1	229.1
Ventana 9	1.92	3.3	0.29	5.7	-487.3	0.77	0.4	V	114.65	0.74	1	821.9
Ventana 10	3.78	3.3	0.21	5.7	-914.8	0.77	0.4	V	114.65	0.86	0.99	2031.8
Ventana 11	1.92	3.3	0.29	5.7	-487.3	0.77	0.4	V	-65.35	0.82	1	637
Ventana 12	0.96	3.3	0.36	5.7	-254.7	0.77	0.4	V	-65.35	0.76	1	268.4
Ventana 13	1.92	3.3	0.29	5.7	-487.3	0.77	0.4	V	-65.35	0.82	1	637.2
												<b>-7664.8</b>
												<b>13445</b>



La transmitancia de calor por transmisión al exterior a través de la carpintería, que forma parte de la envolvente térmica de las zonas del edificio, supone una pérdida de **-39.6 kWh/(m<sup>2</sup>·año)**, que constituye el **30.4 %** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente. En total tenemos unas pérdidas de **-7664.8 kWh/año** y unas ganancias de **13445 kWh/año**.

3.6. Representación grafica



3.7. Resumen mensual

A continuación, mostramos una tabla resumen de pérdidas y ganancias energéticas de todos los componentes, donde finalmente, a base de todos los datos, se determina la demanda necesaria para la calefacción y refrigeración.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	AÑO	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> ·a)
Balance energético anual del edificio.														
Q <sub>tr,op</sub>	0	0	0	0.4	11.1	143.2	251	227.9	115	5.3	0	0	-17573	-90.9
Q <sub>tr,w</sub>	-2569	-2128	-2081	-1745	-1469	-688	-569.8	-548.8	-702	-1345	-1980	-2501	-7664.8	-39.6
Q <sub>ve</sub>	0	0	0	0	2.6	63.8	137.2	129.1	59.1	0.9	0	0	-9683.5	-50.1
Q <sub>int,s</sub>	688.8	625.3	692.9	671.8	688.8	671.8	692.9	688.8	675.9	688.8	667.6	697.1	8081.8	41.8
Q <sub>sol</sub>	752.4	997.9	1310	1347	1517	1576	1735	1739	1585	1229	864.6	706.5	15100.5	78.1
Q <sub>edif</sub>	-18.4	-0.3	-31.9	46.3	-84	-35.1	-34.9	4.2	97.3	34.3	23.1	-0.6		
Q <sub>H</sub>	3475	2407	1946	1192	589	0	0	0	0	531	2188	3363	15691	81.1
Q <sub>C</sub>	0	0	0	0	0	-585	-1293	-1348	-725	0	0	0	-3952	-20.4
Q <sub>HC</sub>	3475	2407	1946	1192	589	585	1293	1348	725	531	2188	3363	19642	101.6



donde:

$Q_{tr,op}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{tr,w}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{ve}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{int,s}$ : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

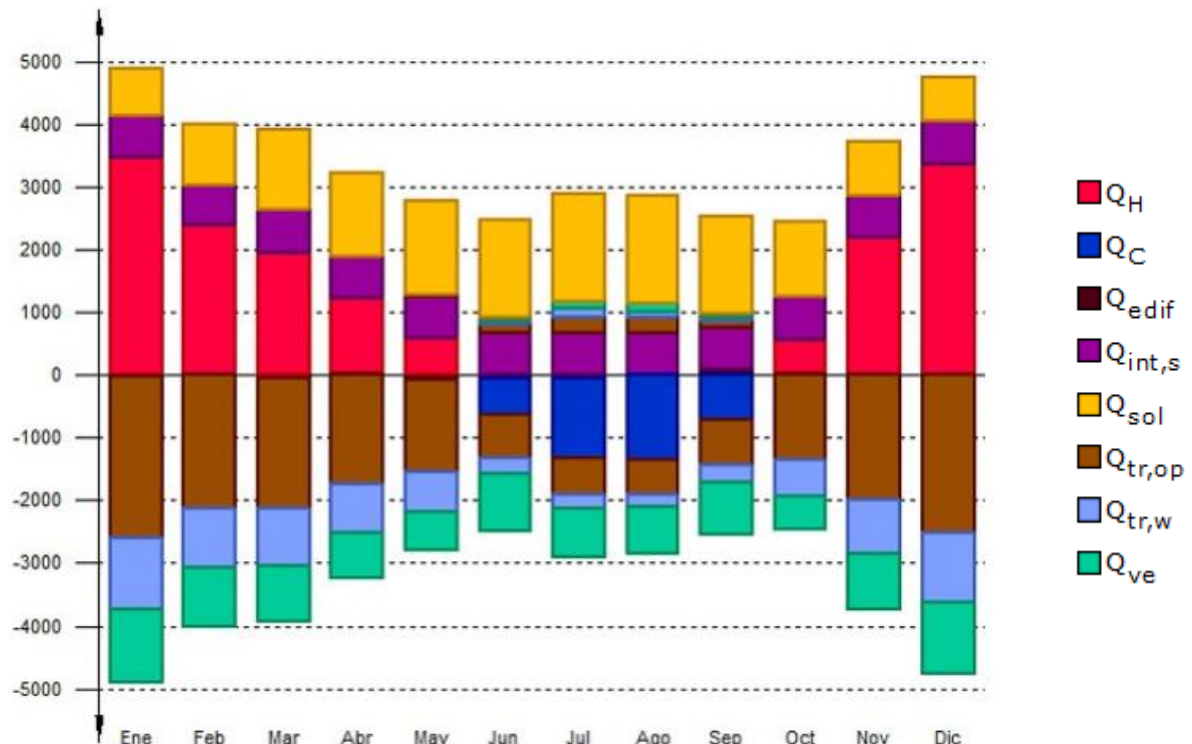
$Q_{sol}$ : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{edif}$ : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_H$ : Energía aportada de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_C$ : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{HC}$ : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).



En el gráfico anterior, que representa de forma visual la tabla anterior, podemos visualizar y comparar de forma fácil los valores de cada componente del edificio y sus transferencias energéticas.

Finalmente, llegamos hasta obtener el resultado final total y tenemos los valores pertenecientes a la demanda anual total y la demanda por un metro cuadrado tanto de calefacción como de refrigeración.

$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$		$D_{cal,bas e}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$		$D_{ref,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
	(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·año))				(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	
<b>193.38</b>	<b>15691</b>	<b>81.1</b>	27	2000	<b>37.3</b>	3951.5	<b>20.4</b>	<b>15</b>

donde:

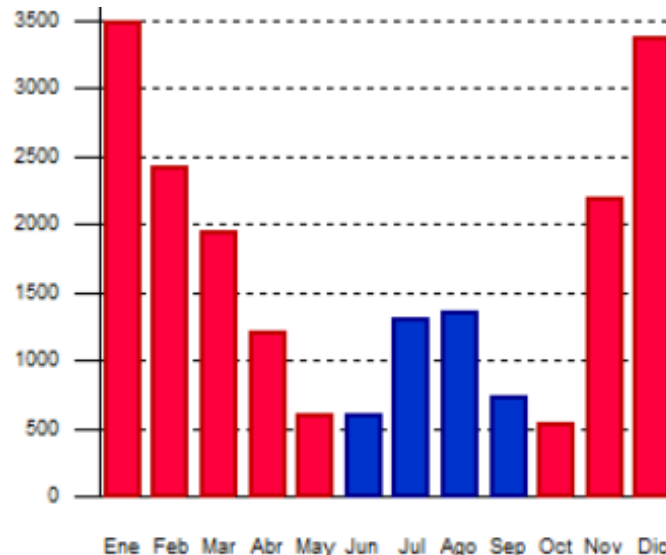


- $S_u$ : Superficie útil de la zona habitable,  $m^2$ .
- $D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción,  $kWh/(m^2 \cdot año)$ .
- $D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1),  $27 kWh/(m^2 \cdot año)$ .
- $F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.
- $D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables,  $kWh/(m^2 \cdot año)$ .
- $D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración,  $kWh/(m^2 \cdot año)$ .
- $D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración,  $kWh/(m^2 \cdot año)$ .

Según la tabla representada anteriormente, vemos que la demanda energética de calefacción ( $D_{cal}$ ) tiene un valor de **81.1  $kWh/(m^2 \cdot año)$** , es un valor muy elevado, teniendo en cuenta la superficie interior del edificio, de  $193.38 m^2$ , finalmente obtenemos un valor de **15691  $kWh/año$** .

En caso la demanda energética de refrigeración, vemos que el valor no es tan elevado como el de la calefacción, dicho valor es **20.4  $kWh/(m^2 \cdot año)$** . Teniendo en cuenta la superficie habitable total de la vivienda, de  $193.38 m^2$ , como resultado obtenemos un valor de **3951.5  $kWh/año$** .

### 3.8. Resumen mensual de la demanda de calefacción y refrigeración



En el gráfico anterior vemos la demanda energética mensual de calefacción en rojo y refrigeración en azul, podemos observar solamente los valores que supone calefactor o refrigerar cada mes.

Vemos que los meses con mayor demanda en calefacción son en enero y diciembre, donde los valores casi alcanzan los 3500 kWh. En caso de refrigeración, la necesidad más alta en refrigerar se ve en los meses de julio y agosto, los valores sobrepasan los 1000 kWh.



### 3.9. Certificación energética

Con ayuda del programa CE3X, asignando un equipo mixto de calefacción y de agua sanitaria y un equipo de caldera de condensación de gas naturas, hemos realizado una certificación energética. El resultado es el siguiente:

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	167.0 E		16.6 C
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

La demanda de calefacción obtiene una letra E, con un valor de 167 kWh/m²año. En caso de la demanda de refrigeración, la letra obtenida es la C, con un valor de 16.6 kWh/m²año.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 54.2 A</div><div>54.2-87.8 B</div><div>87.8-136.1 C</div><div>136.1-209.3 D</div><div>209.3-375.6 E</div><div>375.6-473.2 F</div><div>≥ 473.2 G</div></div>	495.2 G	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	F	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	G
		321.50		157.47	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	C	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
		16.23		-	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]					

Según el índice global, el edificio obtiene una letra G, con un valor de 495.2 kWh/m²año

### 3.10. Conclusión

Una vez realizada la simulación energética de la vivienda estudiada y vistos los aspectos esenciales, vemos que la demanda energética es muy elevada, sobre todo en calefacción, y la causa son las pérdidas de energía producidas por baja transmitancia térmica de los elementos constructivos como la envolvente y la carpintería, también la multitud de puentes térmicos distribuidos por casi todo el perímetro del edificio.





## 4. Propuestas de rehabilitación energética

---



## 4.1. Introducción

El objetivo de este apartado es, a partir de las debilidades determinadas de la vivienda estudiada, teniendo en cuenta el análisis bioclimático realizado en los apartados anteriores y los criterios de diseño pasivo, proponer posibles soluciones para la rehabilitación energética, con el fin de reducir la demanda energética del edificio.

En apartado anterior hemos determinado grandes cantidades de sitios por donde el edificio estudiado pierde enormes cantidades de energía, y esto hace que la demanda aumente considerablemente. Estas causas, básicamente, consisten en:

- Espesor insuficiente de aislamiento térmico en los cerramientos exteriores, tanto en las fachadas como cubiertas, hace que la conductividad térmica de la envolvente sea alta y transmita mucha energía a través de la misma.
- Carpintería sin ruptura de puente térmico y con acristalamiento de alta conductividad térmica, hace que las ventanas intercambien mucha energía entre el exterior y el interior, esto hace perder mucha energía.
- Enorme cantidad de puentes térmicos, tanto en las uniones de forjado y pared, como en las uniones entre pared y ventana, hacen que se aumente la demanda.

## 4.2. Envolvente opaca

Vista la problemática de los puentes térmicos y alta conductividad térmica de la envolvente exterior, la solución es mejorarla reduciéndole la conductividad térmica.

Existen dos maneras de resolver un problema de esta tipología, mejorando los cerramientos del edificio por fuera o por dentro. Cada uno de ellos tienen sus ventajas e inconvenientes.

### Interior

En caso de hacerlo por el interior de la vivienda, las principales ventajas son:

- Facilidad y rapidez de ejecución sin la necesidad de instalar medios auxiliares.
- Adecuado para los edificios con la necesidad de calefacción con uso intermitente, ya que se pierde la inercia térmica del muro.
- No condiciona el acabado exterior del edificio.

Los principales inconvenientes:

- Existe un riesgo alto de condensación. Para evitarlo, haría falta una buena barrera de vapor.
- Se pierde la superficie útil interior de la vivienda.
- En caso de los puentes térmicos, su tratamiento es más costoso.

### Exterior

En caso de hacerlo por el exterior de la fachada, las principales ventajas son:

- El espacio interior útil queda intacto.
- El trabajo se realiza desde el exterior de la vivienda.



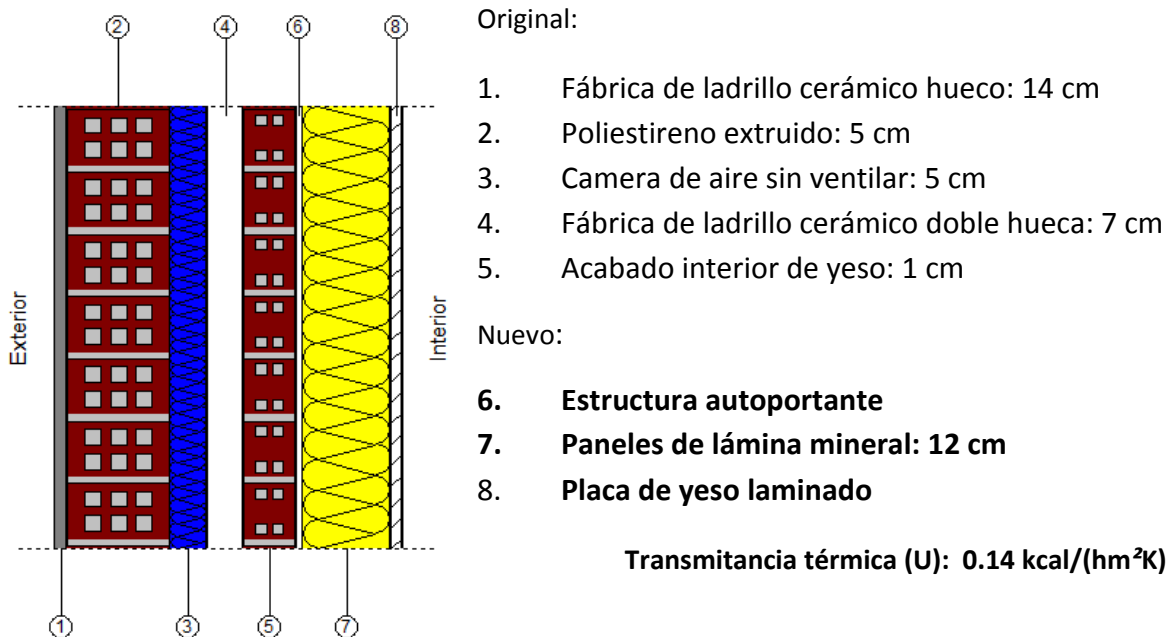
- Protege el cerramiento original del edificio.
- Tapa las fisuras del muro original, de este modo, evitando la posible infiltración de humedad.
- Elimina o reduce el efecto de puentes térmicos, minimizando el riesgo de la aparición de la condensación.
- Optimiza el uso de la inercia térmica interior.

Los principales inconvenientes son:

- No se puede utilizar en edificio de grandes alturas.
- No sirve para edificios con fachadas protegidas o de patrimonio cultural.
- No se puede utilizar en edificios que reciban impactos.

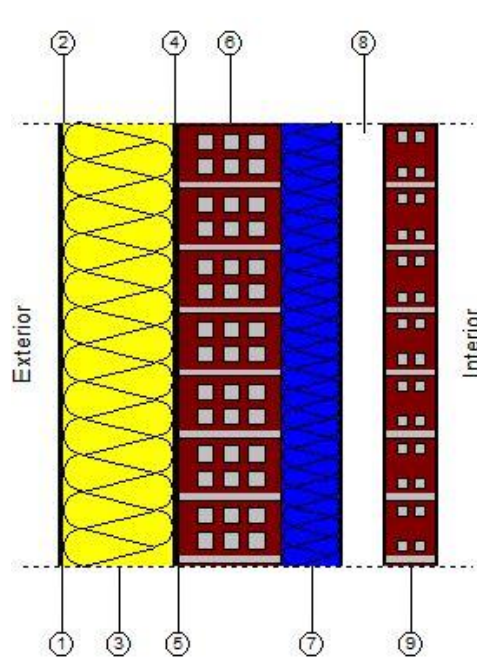
#### 4.2.1. Mejora opción 1: Aislamiento térmico interior

Esta solución consiste en aislamiento termoacústico y trasdosado autoportante, colocado por el interior de cerramientos verticales, formado por el trasdosado, con placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 15 / borde afinado, atornillada directamente a una estructura autoportante arriostrada; aislamiento con panel de lana mineral, no revestido, suministrado en rollos de 5,4 m de longitud, de 120 mm de espesor, colocado en el espacio entre el paramento y las maestras; y dos manos de pintura plástica.



#### 4.2.2. Mejora opción1: Aislamiento térmico exterior

En esta solución se aplicará un sistema "SATE" del "GRUPO PUMA", compuesta por aislamiento térmico de paneles rígidos de poliestireno expandido de 150 mm de espesor, fijado al soporte mediante mortero y fijaciones mecánicas con taco de expansión de polipropileno, capa de regularización de mortero, capa de acabado de mortero acrílico sobre imprimación acrílica.



**Nuevo:**

1. **Mortero decorativo Morcemcrl: 0.2 cm**
2. **Mortero base Traditerm: 0.2 cm**
3. **Panel rígido de poliestireno expandido: 15 cm**
4. **Mortero base: 0.2 cm**
5. **Mortero para fijación de aislamiento: 0.4 cm**

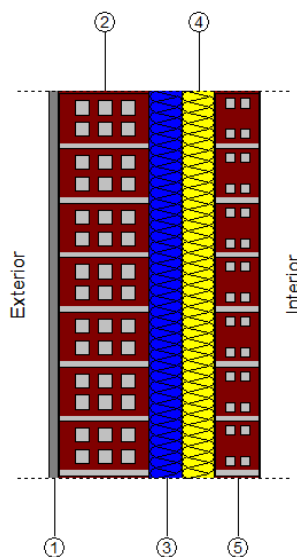
**Original:**

6. Fábrica de ladrillo cerámico hueco: 14 cm
7. Poliestireno extruido: 5 cm
8. Cámara de aire sin ventilar: 5 cm
9. Fábrica de ladrillo cerámico doble hueca: 7 cm
10. Acabado interior de yeso: 1 cm

**Transmitancia térmica (U): 0.11 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**

#### 4.2.3. Mejora opción1: Aislamiento térmico en cámara de aire

Esta solución consiste en el relleno de cámara de aire de 50 mm , mediante insuflación, desde el interior, de aislamiento termoacústico de nódulos de lana de vidrio Insuver "ISOVER", con densidad 50 kg/m<sup>3</sup> y conductividad térmica 0,037 W/(mK); tapado de los taladros ejecutados en el paramento con posterior sellado; y dos manos de pintura plástica, textura lisa previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa.



**Composición:**

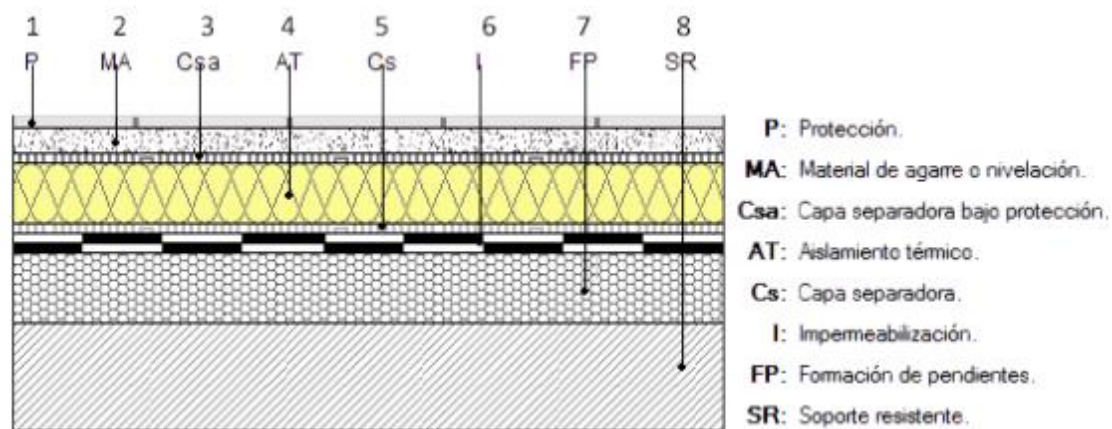
1. Fábrica de ladrillo cerámico hueco: 14 cm
2. Poliestireno extruido: 5 cm
3. **Nódulos de lana de vidrio Insuver "ISOVER"**
4. Fábrica de ladrillo cerámico doble hueca: 7 cm
5. Acabado interior de yeso: 1 cm

**Transmitancia térmica (U): 0.25 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**

### 4.3. Terraza

#### 4.3.1. Mejora opción1: Cubierta transitable no ventilada

Esta solución consiste en realizar una cubierta plana transitable, considerando que la membrana impermeabilizante original se encuentra en buen estado de conservación, mediante la incorporación de aislamiento termoacústico por el exterior de la cubierta, formado por dos capas, la primera formada por panel rígido de poliestireno extruido Ursa XPS NIII L "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 100 mm de espesor, resistencia a compresión  $\geq 300$  kPa y la segunda por panel rígido de poliestireno extruido Ursa XPS NIII L "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 60 mm de espesor, resistencia a compresión  $\geq 300$  kPa; y protección con baldosas de gres rústico 20x20 cm, colocadas en capa fina con adhesivo cementoso normal, C1 gris, sobre capa de regularización de mortero de cemento industrial.



1. Pavimento de gres rústico: 1cm
2. Mortero de cemento: 4 cm
3. Geotextil de poliéster: 0.08 cm
4. Poliestireno extruido: 16 cm
5. Geotextil de poliéster: 0.06 cm
6. Impermeabilizante asfáltico: 0.64 cm
7. Capa de regularización: 4cm
8. Formación de pendientes: 10 cm
9. Forjado unidireccional: 30 cm

Transmitancia térmica original:  $0.39 \text{ kcal}/(\text{hm}^2\text{K})$

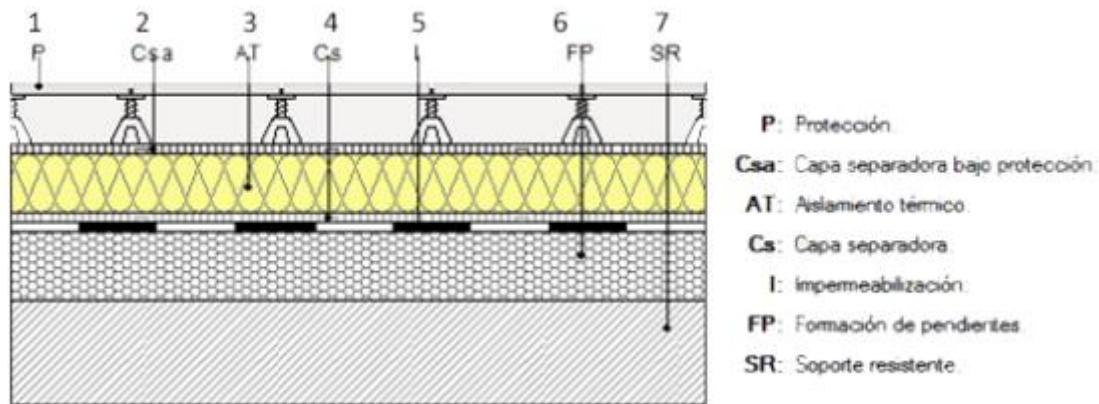
**Transmitancia térmica nueva:  $0.15 \text{ kcal}/(\text{hm}^2\text{K})$**

#### 4.3.2. Mejora opción 2: Cubierta transitable flotante

Esta solución consiste en realizar una cubierta plana transitable flotante, con la membrana impermeabilizante en buen estado de conservación, mediante la incorporación de aislamiento termoacústico por el exterior de la cubierta, formado por dos capas, la primera formada por panel rígido de poliestireno extruido Ursa XPS NIII L "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 80 mm de espesor, resistencia a compresión  $\geq 300$  kPa y la segunda por panel rígido de poliestireno



extruido Ursa XPS NIII L "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 80 mm de espesor, resistencia a compresión  $\geq 300$  kPa; capa separadora de geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, (200 g/m<sup>2</sup>); y protección con pavimento flotante de baldosas de cemento de 40x40 cm apoyadas sobre soportes.



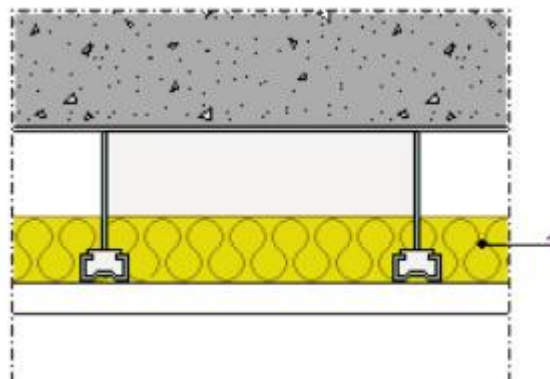
1. Pavimento flotante
2. Geotextil de poliéster: 0.08 cm
3. Poliestireno extruido: 16 cm
4. Geotextil de poliéster: 0.06 cm
5. Impermeabilizante asfáltico: 0.64 cm
6. Capa de regularización: 4cm
7. Formación de pendientes: 10 cm
8. Forjado unidireccional: 30 cm

Transmitancia térmica original: 0.39 kcal/(hm<sup>2</sup>K)

**Transmitancia térmica nueva: 0.16 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**

#### 4.3.3. Mejora opción 3: aislamiento por el inter

Esta solución consiste en aislamiento termoacústico por el interior, mediante la colocación de manta de lana mineral, revestida por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor, de 200 mm de espesor, apoyado directamente sobre falso techo continuo suspendido liso (12,5+27+27), con una placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 12,5 / borde afinado, fijada a maestras separadas 1000 mm entre ejes y suspendidas del forjado o elemento soporte mediante cuelgues combinados; y dos manos de pintura plástica de color blanco.





Transmitancia térmica original: 0.39 kcal/(hm<sup>2</sup>K)

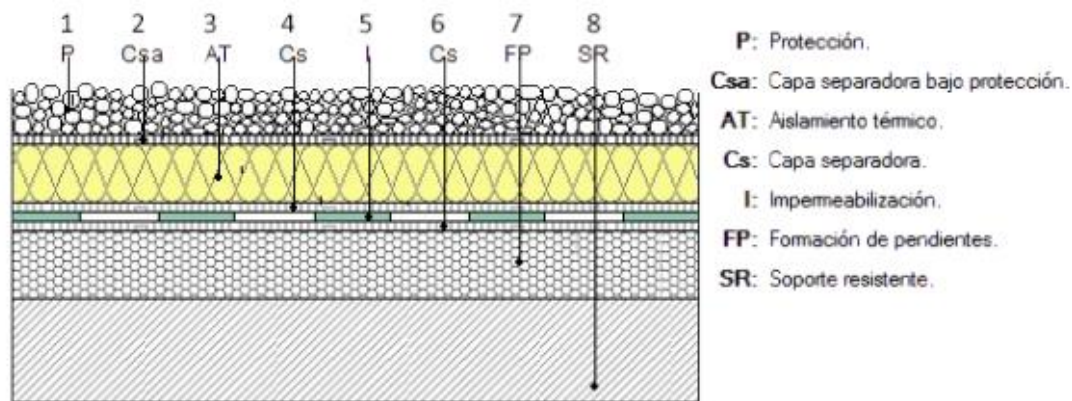
**Transmitancia térmica nueva: 0.10 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**

#### 4.4. Cubierta no transitable

El segundo tipo de cubierta es no transitable, que encierra el forjado superior de la segunda planta. Este tipo consiste en una cubierta no transitable con acabado de grava.

##### 4.4.1. Mejora opción 1: Cubierta con acabado de grava

Esta solución consiste en una cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, tipo invertida, compuesta de: capa separadora bajo impermeabilización: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado; impermeabilización monocapa no adherida: lámina impermeabilizante flexible de PVC-P (fv), de 1,2 mm de espesor, con armadura de velo de fibra de vidrio, resistente a la intemperie; capa separadora bajo aislamiento: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado; aislamiento térmico: compuesto por dos capas, la primera formada por panel rígido de poliestireno extruido Ursa XPS NIII L "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 80 mm de espesor, y la segunda por panel rígido de poliestireno extruido Ursa XPS NIII L "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 80 mm de espesor; capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado; capa de protección: canto rodado de 16 a 32 mm de diámetro.



1. Acabado de grava: 10 cm
2. Geotextil de poliéster: 0.08 cm
3. Poliestireno extruido: 15 cm
4. Geotextil de poliéster: 0.06 cm
5. Impermeabilizante de poliéster: 0.12 cm
6. Capa de regularización: 4cm
7. Formación de pendientes: 10 cm
8. Forjado unidireccional: 30 cm

Transmitancia térmica original: 0.38 kcal/(hm<sup>2</sup>K)

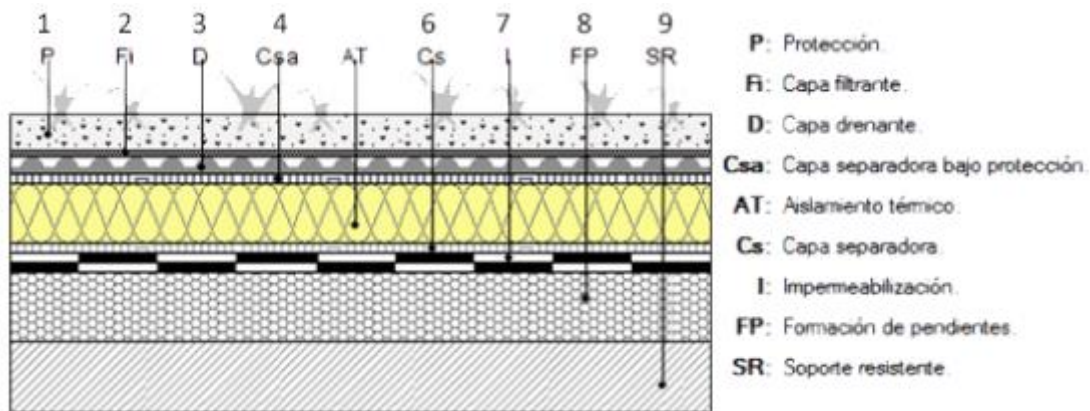
**Transmitancia térmica nueva: 0.15 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**





#### 4.4.2. Mejora opción 2: Cubierta ajardinada

Esta solución consiste en una cubierta plana no transitable, no ventilada, ajardinada extensiva (ecológica), tipo invertida, compuesta de: formación de pendientes: arcilla expandida; impermeabilización bicapa adherida: lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-30-FV, previa imprimación con emulsión asfáltica aniónica con cargas tipo EB, y lámina de betún modificado con elastómero SBS, LBM(SBS)-50/G-FP adherida a la anterior con soplete, sin coincidir sus juntas; capa separadora bajo aislamiento: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado; aislamiento térmico: compuesto por dos capas, la primera formada por panel rígido de poliestireno extruido, de 100 mm de espesor, y la segunda por panel rígido de poliestireno extruido, de 100 mm de espesor; capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado; capa drenante y retenedora de agua: lámina drenante nodular de polietileno de alta densidad (PEAD/HDPE), formada por membrana de polietileno de alta densidad con relieve en cono truncado y perforaciones en la parte superior; capa filtrante: geotextil de polipropileno-polietileno; capa de protección: base de sustrato orgánico, acabada con roca volcánica.



1. Sustrato orgánico y roca volcánica: 6 cm
2. Lámina drenante y filtrante: 1 cm
3. Geotextil de poliéster: 0.06cm
4. Poliestireno extruido: 20 cm
5. Geotextil de poliéster: 0.06 cm
6. Impermeabilizante asfáltico: 0.73 cm
7. Capa de regularización: 4cm
8. Formación de pendientes: 10 cm
9. Forjado unidireccional: 30 cm

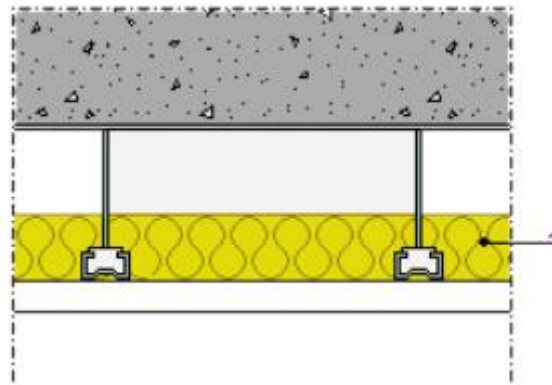
Transmitancia térmica original: 0.38 kcal/(hm<sup>2</sup>K)

**Transmitancia térmica nueva: 0.13 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**



#### 4.4.3. Mejora opción 3: Aislamiento por interior

Techo suspendido continuo, con cámara de aire de 30 cm de altura, compuesto de: aislamiento acústico a ruido aéreo, formado por manta de lana mineral PureOne, Pure 40 RP "URSA IBÉRICA AISLANTES", de 200 mm de espesor; TECHO SUSPENDIDO: falso techo continuo suspendido, situado a una altura menor de 4 m, formado por placas de escayola con nervaduras, de 100x60 cm, con canto recto y acabado liso, mediante varillas metálicas; ACABADO SUPERFICIAL: aplicación manual de dos manos de pintura plástica color blanco, acabado mate, textura lisa, la primera mano diluida con un 20% de agua y la siguiente sin diluir; previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa, sobre paramento interior de yeso o escayola, horizontal.



Transmitancia térmica original: 0.38 kcal/(hm<sup>2</sup>K)

**Transmitancia térmica: 0.10 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**

#### 4.5. Envolvente transparente

Las ventanas son una fuente de pérdidas muy importantes de esta vivienda. La carpintería originalmente era de aluminio anodizado natural, con cajón de persiana básico incorporado (monoblock) sin aislante térmico, persiana enrollable de lamas de PVC, de transmitancia térmica de 4.9 kcal/(hm<sup>2</sup>K); con vidrio doble 4/6/4, con una transmitancia térmica de 2.84 kcal/(hm<sup>2</sup>K). Con un valor U conjunto de 3.38 kcal/(hm<sup>2</sup>K).

##### 4.5.1. Mejora opción 1: Carpintería de madera

Esta solución consiste en la sustitución de toda la carpintería existente a una nueva carpintería de madera de pino, con acabado natural, con moldura clásica, con premarco básico de aluminio, sin persiana.



Transmitancia térmica del marco original: 0. kcal/(hm<sup>2</sup>K)

**Transmitancia térmica del marco nuevo: 2.3 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**

#### 4.5.2. Mejora opción 2: Carpintería de PVC

Esta solución consiste en la sustitución de toda la carpintería existente a una nueva carpintería de PVC, con acabado de color blanco estándar a dos caras, con premarco fijado al paramento mediante recibido de las patillas de anclaje con mortero de cemento.



Transmitancia térmica del marco original: 0. kcal/(hm<sup>2</sup>K)

**Transmitancia térmica del marco nuevo: 2.3 kcal/(hm<sup>2</sup>K)**

#### 4.5.3. Mejora opción 3: Vidrio

Esta solución consiste en reemplazar completamente todo el acristalamiento del edificio a un vidrio doble LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templalite Azur.lite color azul, con cámara de aire rellena con gas argón, para hojas de vidrio de superficie entre 2 y 3 m<sup>2</sup>. Con un Valor-U de 0.95 kcal/(hm<sup>2</sup>K).

#### 4.5.4. Mejora opción 4: Vidrio

Esta solución consiste en reemplazar completamente todo el acristalamiento del edificio a un vidrio doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 4/10/6 Templalite Azur.lite color azul, para hojas de vidrio de superficie entre 2 y 3 m<sup>2</sup>. Con un Valor-U de 1.55 kcal/(hm<sup>2</sup>K).



#### 4.6. Protección solar

Para reducir la incidencia solar al interior durante el verano y como consecuencia el consumo, hemos optado por implantar unas protecciones solares.

##### 4.6.1. Celosías metálicas

Esta solución consiste en la incorporación una protección horizontal en las oberturas de la fachada sudoeste con celosías fijas de aluminio lacado, para montar en posición horizontal, formada por lamas fijas, de sección ovalada, de 100x30 mm, colocadas en posición horizontal, marco de pletina, de 100x10 mm.



##### 4.6.2. Persianas contraventanas

Esta solución consiste en implementar unas contraventanas de PVC, practicables, tipo mallorquina, de lamas fijas, colocadas en ventanas.



##### 4.6.3. Persianas venecianas interiores

Esta solución consiste en implantar en el interior de las ventanas unas persianas venecianas interiores de aluminio, con lamas orientables de 25 mm de color blanco, accionamiento manual mediante cordón y varilla en el lado derecho; fijada en la pared con anclajes mecánicos.





## 5. Comparativa de los resultados

---



## 5.1. Introducción

En este apartado se presentarán y compararán los resultados obtenidos de cada opción propuesta de cada componente a partir de la simulación del prototipo digital realizada en CYPECAD MEP. También se calculará el periodo de amortización de cada uno. Para calcular el coste de cada demanda, se asigna el precio de actual de gas del mercado, de 0.05 euros.

## 5.2. Envoltente opaca

### 5.2.1. Cerramiento exterior

En caso de los cerramientos exteriores, hemos propuesto tres opciones. A continuación, se mostrarán los resultados de la demanda de calefacción y refrigeración de cada uno.

	Calefacción		Refrigeración		Coste de la rehabilitación €
	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	
<b>Opción 1:</b> Aislamiento térmico interior	68.2	12308.9	21.3	3844.9	8603.86
<b>Opción 2:</b> Aislamiento térmico exterior	60	11602.8	19.3	3732.23	25167.41
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico en cámara de aire	73.9	14292	20.4	3947.3	4504.28

En la tabla mostrada anteriormente, vemos que la opción que menos demanda supone es la segunda, con una demanda total anual de 15335.03 kWh/año, pero también es la que tiene el precio de la rehabilitación más alto. En segundo lugar, se encuentra la opción número uno, con una demanda total anual de 16153.8 kWh/año. Y por último, la que mayor demanda supone de las tres opciones es la tercera, con una demanda total anual de 18796.28 kWh/año.

A continuación, compararemos los resultados obtenidos de las opciones con la demanda original y calcularemos el ahorro producido en calefacción y refrigeración.

	Calefacción		Ahorro calefacción €	Refrigeración		Ahorro refrigeración €	Ahorro total €
	Demanda kWh/año	Coste del consumo		Demanda kWh/año	Coste del consumo		
<b>Original</b>	15684.5	784.23		3946.9	197.35		
<b>Opción 1:</b> Aislamiento térmico interior	12308.9	615.45	168.78	3844.9	192.25	5.10	173.88
<b>Opción 2:</b> Aislamiento térmico exterior	11602.8	580.14	204.09	3732.23	186.61	10.73	214.82
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico en cámara de aire	14292	714.60	69.63	3947.3	197.37	-0.02	69.61



En la tabla representada anteriormente, vemos que la opción que más ahorro aporta es la número dos, con un ahorro de 214.82 euros anuales. La opción uno se encuentra en segundo lugar, con una demanda de 173.88 euros anuales. En último lugar, la opción tres con un ahorro de 69.61 euros anuales.

A continuación, calculamos el periodo de amortización de todas las opciones.

	Coste rehabilitación €	Ahorro anual €	Periodo de amortización Años
<b>Opción 1:</b> Aislamiento térmico interior	8603.86	173.88	49.5
<b>Opción 2:</b> Aislamiento térmico exterior	25167.41	214.82	117.2
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico en cámara de aire	4504.28	69.61	64.7

En la tabla anterior, vemos que la opción dos, la que más ahorro aporta, tiene un periodo de amortización más largo de 117.2 años. La opción uno, que se encuentra en segundo lugar según el ahorro producido, su periodo es el intermedio de 49.5 años. Y por último, la opción con menor ahorro tiene un periodo de amortización de 64.7 años.

### 5.3. Terraza

En caso de la cubierta transitable, también hemos propuesto tres opciones de mejora. A continuación, veremos sus resultados de las demandas.

	Calefacción		Refrigeración		Coste €
	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	
<b>Opción 1:</b> Cubierta transitable tradicional	79.4	15346	20.1	3886.2	4020.65
<b>Opción 2:</b> Cubierta flotante invertida	79.4	15350	20.1	3887.3	3908.13
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico interior	74.6	14428	20.4	4018.3	2090.835

En esta tabla, la opción que ofrece la menor demanda es la número tres 18446.3 kWh/año, también es la que menor coste tiene. Seguidamente, las opciones uno y dos comparten el puesto número dos, ya que tienen unas demandas finales muy similares de 19232.2 kWh/año y 19237.3 kWh/año.

Ahora procederemos a comparar los resultados de las demandas de las opciones de mejora con la demanda del edificio en estado original.





	Calefacción		Ahorro calefacción €	Refrigeración		Ahorro refrigeración €	Ahorro total €
	Demanda kWh/año	Coste del consumo		Demanda kWh/año	Coste del consumo		
<b>Original</b>	15684.5	784.23		3946.9	197.35		
<b>Opción 1:</b> Cubierta transitable tradicional	15345.6	767.28	<b>16.94</b>	3886.2	194.31	<b>3.04</b>	19.98
<b>Opción 2:</b> Cubierta flotante invertida	15350.1	767.51	<b>16.72</b>	3887.3	194.37	<b>2.98</b>	19.70
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico interior	14428.4	721.42	<b>62.80</b>	4018.3	200.92	<b>-3.57</b>	59.24

En esta tabla vemos que la opción que más ahorro proporciona es la tercera, con un valor de 59.24 euros. Seguidamente, las opciones uno y dos comparten el segundo lugar unos valores de 19.98 y 19.7 euros.

A continuación, procedemos a calcular el periodo de amortización de todas las opciones.

	Coste rehabilitación €	Ahorro anual €	Periodo de amortización Años
<b>Opción 1:</b> Cubierta transitable tradicional	4020.65	19.98	201.2
<b>Opción 2:</b> Cubierta flotante invertida	3908.13	19.70	198.4
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico interior	2090.84	59.24	35.3

En la tabla anterior, vemos que el periodo de amortización más corto es el de la opción tres, es de 35.5 años. Las opciones uno y dos siguen compartiendo el segundo puesto con un periodo de amortización de 200 años aproximadamente.

#### 5.4. Cubierta

En caso de la cubierta no transitable, también hemos propuesto tres opciones de mejora. A continuación, veremos sus resultados de consumo.

	Calefacción		Refrigeración		Coste €
	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	
<b>Opción 1:</b> Cubierta acabado grava	14887.2	77	3797	19.6	5152.8
<b>Opción 2:</b> Cubierta ajardinada	14976.2	76.6	3813	19.6	4499.2
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico interior	13690.2	70.8	4086.4	21.1	3362.58



En la tabla de las demandas anterior, vemos que la opción con la menor demanda total anual es la tercera, con un valor de 17776.6 kWh/año. Luego va la opción uno con una demanda de 18684.2 kWh/año. Finalmente, la opción dos con la mayor demanda de la tres, con un valor de 18789.2 kWh/año.

A continuación, vamos a determinar el ahorro producido por cada una de las opciones respecto la demanda inicial.

	Calefacción		Ahorro calefacción €	Refrigeración		Ahorro refrigeración €	Ahorro total €
	Demanda kWh/año	Coste del consumo		Demanda kWh/año	Coste del consumo		
<b>Original</b>	15684.5	784.23		3946.9	197.35		
<b>Opción 1:</b> Cubierta acabado grava	14887.2	744.36	39.86	3797	189.85	7.50	47.36
<b>Opción 2:</b> Cubierta ajardinada	14976.2	748.81	35.42	3813	190.65	6.70	42.11
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico interior	13690.2	684.51	99.71	4086.4	204.32	-6.97	92.74

En la tabla anterior, vemos que el mayor ahorro proporciona la opción tres, con un valor de 92.74 euros. Con una diferencia alta, sigue la opción uno, con un valor de 47.36 euros. Finalmente, en el último puesto la opción dos, con un valor de 42.11 euros.

A continuación, vamos a calcular el periodo de amortización de cada opción.

	Coste rehabilitación €	Ahorro anual €	Periodo de amortización Años
<b>Opción 1:</b> Cubierta acabado grava	5152.80	47.36	108.8
<b>Opción 2:</b> Cubierta ajardinada	4499.20	42.11	106.8
<b>Opción 3:</b> Aislamiento térmico interior	3362.58	92.74	36.3

Vemos que, en la tabla anterior, la opción con el menor periodo de amortización es la tercera, con un valor de 36.3 años. Con una diferencia exacta de dos años, comparten el mismo puesto, las opciones uno y dos con unos valores de 106.8 años y 108.8 años.

## 5.5. Envolvente transparente

Para los huecos de edificio, se ha realizado cuatro propuestas en general, dos para la carpintería y dos para el acristalamiento.



### 5.5.1. Carpintería

Seguidamente, mostramos los resultados de las dos opciones de mejora para la carpintería de los huecos del edificio.

	Calefacción		Refrigeración		Coste €
	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	
<b>Opción 1: Madera</b>	74.8	14458.4	20	3859.3	14809.19
<b>Opción 2: PVC</b>	76.5	14785.3	18.2	3523.7	5905.04

En la tabla anterior, vemos que la demanda de la opción uno tiene un valor total de 18317.17 kWh/año, pero tiene un coste de rehabilitación muy alto. En caso de la opción dos tenemos una demanda total de 18309 kWh/año, con un coste de rehabilitación mucho más bajo respecto la opción uno.

A continuación, vamos a comparar las opciones de mejora y determinar el valor de ahorro anual de cada una.

	Calefacción		Ahorro calefacción €	Refrigeración		Ahorro refrigeración €	Ahorro total €
	Demanda kWh/año	Coste del consumo		Demanda kWh/año	Coste del consumo		
<b>Original</b>	15684.5	784.23		3946.9	197.35		
<b>Opción 1:</b> Aislamiento térmico interior	14458.4	722.92	61.30	3859.3	192.97	4.38	65.68
<b>Opción 2:</b> Cubierta flotante invertida	14785.3	739.27	44.96	3523.7	176.19	21.16	66.12

En la tabla anterior, vemos que las opciones tienen valores de ahorro anual muy similares, la opción uno tiene un valor de 65.68 euros, y la opción dos 66.12 euros.

A continuación, procederemos a determinar el periodo de amortización de cada una de las opciones de mejora presentadas.



	Coste rehabilitación €	Ahorro anual €	Periodo de amortización Años
<b>Opción 1:</b> Aislamiento térmico interior	14809.19	65.68	225.5
<b>Opción 2:</b> Cubierta flotante invertida	5935.04	66.12	89.8

Vemos que la opción uno tiene un periodo de amortización excesivamente grande, es de 225.5 años. En caso de la opción dos, tiene un periodo más reducido, pero todavía elevado, el valor es de 89.8 años.

### 5.5.2. Acristalamiento

En este apartado, mostramos los resultados obtenidos de la demanda de las dos opciones de sustitución de acristalamiento de huecos del edificio.

	Calefacción		Refrigeración		Coste €
	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	
<b>Opción 1:</b> Vidrio 6/14/6 con gas argón	16050.9	83	2575.7	13.3	4600.0032
<b>Opción 2:</b> Vidrio 4/10/6	16552.6	85.6	2500.8	12.9	4069.1872

En esta tabla, vemos que el vidrio con la menor demanda anual es el primero, con un valor de 18626.6 kWh/año. En segundo lugar, con una demanda total anual de 19053.4 kWh/año, la opción número dos.

A continuación, procederemos a calcular el ahorro producido por cada opción respecto la demanda original.

	Calefacción		Ahorro calefacción €	Refrigeración		Ahorro refrigeración €	Ahorro total €
	Demanda kWh/año	Coste del consumo		Demanda kWh/año	Coste del consumo		
<b>Original</b>	15684.5	784.23		3946.9	197.35		
<b>Opción 1:</b> Vidrio 6/14/6 con gas argón	16050.9	802.55	-18.32	2575.7	128.79	68.56	50.24
<b>Opción 2:</b> Vidrio 4/10/6	16552.6	827.63	-43.41	2500.8	125.04	72.31	28.90



En la tabla anterior, vemos que la opción que mayor ahorro proporciona es la uno, con un valor total de 50.24 euros anuales. En caso de la opción dos, tiene un valor de 28.90 euros de ahorro anual.

A continuación, calculamos el periodo de amortización de cada opción.

	Coste rehabilitación €	Ahorro anual €	Periodo de amortización Años
<b>Opción 1:</b> Aislamiento térmico interior	4600.00	50.24	91.6
<b>Opción 2:</b> Cubierta flotante invertida	4069.19	28.90	140.8

En la tabla anterior, vemos que la opción uno supone un periodo de 91.6 años de amortización. Y la opción dos 140.8 años.

## 5.6. Protecciones solares

Para reducir el impacto directo del sol, hemos propuesto cuatro opciones de protecciones solares. A continuación, procederemos a mostrar los resultados de las demandas a partir de la simulación energética.

	Calefacción		Refrigeración		Coste €
	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	Demanda kWh/(m <sup>2</sup> ·año)	Demanda kWh/año	
<b>Opción 1:</b> Celosías horizontales exteriores	83.5	16142.4	17.8	3448.3	696.44
<b>Opción 2*:</b> Contraventanas verticales de PVC exteriores	81.11	15684.5	15.13	2925.3	1858.31
<b>Opción 3*:</b> Protecciones verticales interiores	81.11	15684.5	18.16	3511.5	1670.89
<b>Opción 4*:</b> Protecciones verticales interiores puertas	81.11	15684.5	17.80	3441.7	1025.56

*\* Para obtener los resultados más cercanos a la realidad de la demanda de estas opciones, por razones de ser protecciones adaptables según el periodo y la necesidad del cliente, se ha realizado una combinación entre los resultados de las demandas de cada opción de meses desde junio a septiembre, y de la demanda original de los demás meses.*

En la tabla anterior, vemos que la opción con la menor demanda es la segunda, con un valor total de 18609.8 kWh/año. Seguidamente, compartiendo el mismo puesto las opciones cuatro y tres con unos valores muy similares de 19196 kWh/año y 19126.2 kWh/año. Finalmente, en el último puesto la opción uno, con un valor de 19590.7 kWh/año.



Ahora, procederemos a determinar el ahorro producido por cada opción de mejora.

	Calefacción		Ahorro calefacción €	Refrigeración		Ahorro refrigeración €	Ahorro total €
	Demanda kWh/año	Coste del consumo		Demanda kWh/año	Coste del consumo		
<b>Original</b>	<b>15684.5</b>	<b>784.23</b>		<b>3946.9</b>	<b>197.35</b>		
<b>Opción 1:</b> Celosías horizontales exteriores	16142.4	807.12	-22.90	3448.3	172.42	24.93	2.04
<b>Opción 2:</b> Contraventanas de PVC exteriores	15684.5	784.23	0.00	2925.3	146.27	51.08	51.08
<b>Opción 3:</b> Protecciones verticales interiores 1	15684.5	784.23	0.00	3511.5	175.58	21.77	21.77
<b>Opción 4:</b> Protecciones verticales interiores 2	15684.5	784.23	0.00	3441.7	172.09	25.26	25.26

En la tabla anterior, vemos que la opción que mayor ahorro proporciona es la segunda, con un valor de 51.08 euros anuales. Después la opción cuatro un valor de 25.26 euros anuales. Seguidamente, la opción tres con un ahorro de 21.77 euros anuales. Por último, con un valor muy bajo de 2.04 euros anuales, la opción número uno.

A continuación, procederemos a determinar el periodo de amortización de cada opción.

	Coste rehabilitación €	Ahorro anual €	Periodo de amortización Años
<b>Opción 1:</b> Celosías horizontales exteriores	696.44	2.04	342.2
<b>Opción 2:</b> Contraventanas de PVC exteriores	1858.31	51.08	36.4
<b>Opción 3:</b> Protecciones verticales interiores (Ventanas)	1670.89	21.77	76.8
<b>Opción 4:</b> Protecciones verticales interiores (Balconeras)	1025.56	25.26	40.6

En la tabla de las amortizaciones anterior, vemos que la opción con el periodo más pequeño es la segunda, supone 36.4 años. Seguidamente, va la opción cuatro, con un periodo de 40.6 años. Luego, la opción tres con 76.8 años. Por último, con un periodo muy alto la opción uno, con un valor de 342.2 años.



## 6. Elección de los componentes definitivos

---





## 6.1. Introducción

Una vez analizadas todas las opciones de mejora de cada componente, eligiendo la mejor, en cuestiones de ahorro y periodo de amortización, creamos una combinación ... obtenemos la siguiente combinación:

## 6.2. Envolvente opaca

Para toda la envolvente opaca hemos realizado nueve propuestas, de cada componente hemos de elegir una. A continuación, procederemos a la elección.

### **Cerramientos:** *Opción 1 Aislamiento térmico interior*

De las tres opciones de mejora de cerramientos exteriores, hemos optado por la primera, aislamiento térmico por el interior de la vivienda. Entendemos que este sistema serviría mejor para uso esporádico de la vivienda y no continuo, ya que al revestir por el interior perderíamos la inercia térmica de las paredes, pero viéndolo desde el punto de vista económico obtiene nuestros votos. El ahorro que supone la opción uno es de 173.88 €, es menor que el de la opción 2 (sistema SATE) que es de 214.82 €, pero el coste de la rehabilitación de la opción uno (8603.86 €) es tres veces más pequeño que el de la opción dos (25167.41 €), esto permite reducir notablemente el periodo de la amortización de 117.2 años a 49.5 años.

La opción 3 (Cámara de aire), ha sido descartada inmediatamente, ya que no suponía grandes ahorros y tenía un periodo de amortización muy elevado de 69.61 años.

La desventaja de la opción elegida es que no evita los puentes térmicos en las uniones de fachada-solera y fachada-forjado. En caso de combinarla con soluciones interior de cubierta, alcanzaríamos una mejor unión entre estos dos sistemas y obtendríamos aún menor demanda.

### **Terraza:** *Opción 3 Aislamiento térmico interior*

En caso de la terraza, nos hemos decantado por la opción tres, aislamiento térmico por el interior. Este sistema nos permite obtener unos ahorros de 59.24 € anuales, es casi el triple de lo que nos ofrecen otras dos opciones (opción 1: 19.98 € y opción 2: 19.70 €). Además, viéndolo desde el punto de vista de periodo de amortización, la opción tres es la más económica y nos permite obtener un periodo de 35.3 años. Comparando con otras dos opciones que rondan los 200 años.

### **Cubierta:** *Opción 3 Aislamiento térmico interior*

En caso de la cubierta, el resultado es similar al de la terraza, nos hemos decantado por la opción tres, aislamiento térmico interior. Esta opción es la más efectiva a medida de ahorro (92.74 €/año), comparando con 47.36 € anuales de la opción uno y los 42.11 € anuales de la opción dos, y a medida económica (3362.52 €), comparando con los 5152.8 € de la primera opción y 4499.2 de la segunda.

### **Puentes térmicos**

Al tener elegidas las opciones del mismo sistema de aislamiento térmico aplicado en el interior de la vivienda, nos permite ..



### 6.3. Envolverte transparente

Para los huecos han sido propuestas cuatro mejoras, dos de carpintería y dos de vidriera. A continuación, veremos cuales son las elegidas.

#### **Carpintería:** *Opción 2 carpintería de PVC*

Viendo los resultados de la carpintería, vemos que tanto la opción uno como la dos presentan un ahorro similar, de 65.68 euros la opción uno y 66.12 euros la opción 2, pero en caso de la opción uno el periodo de amortización es de 225.5 años, que es excesivo. En caso de la opción de carpintería de PVC, el periodo de amortización es de 89.8 años.

#### **Acristalamiento** *Opción 1 Vidrio 6/14/6 con gas argón*

En caso de vidrio, hemos elegido la primera opción, vidrio 6/14/6 con la cámara de aire rellena con gas argón. Esta solución tiene el coste un poco más elevado (4600.01 €) que la opción dos (4069.19 €), pero aporta casi el doble de ahorro (50.24 €/año), contra los 28.9 €/año del sistema dos.

### 6.4. Protecciones solares

En caso de las protecciones solares, se han hecho cuatro propuestas diferentes, para el interior y el exterior de la vivienda. De los cuatro hemos elegido implantar dos sistemas de protección solar. La opción dos ha sido elegida por el mayor ahorro de 51.08 €/año y un periodo de amortización de 36.4 años. También ha sido elegida la opción cuatro, tiene un valor de ahorro de 25.26 €/año, no es muy alto, pero tiene un periodo de amortización más bajo que las opciones uno y tres.

#### **Elegido:** *opción 2 contraventanas de PVC exteriores*

#### **Elegido:** *opción 4 persianas venecianas interiores adaptables*

Hemos descartado la opción uno, por su mísero ahorro de 2.04 €/anuales y como consecuencia 342.2 €/años de periodo de amortización. También se ha descartado la opción tres, ya que tenía un periodo de amortización demasiado grande, con un valor de 76.8 años.



## 7. Comparativa de los estados

---



## 7.1. Introducción

En este apartado procederemos a comparar los resultados de la simulación energética de la vivienda ya rehabilitada, compuesta por los componentes elegido en el apartado anterior, y la vivienda en su estado original.

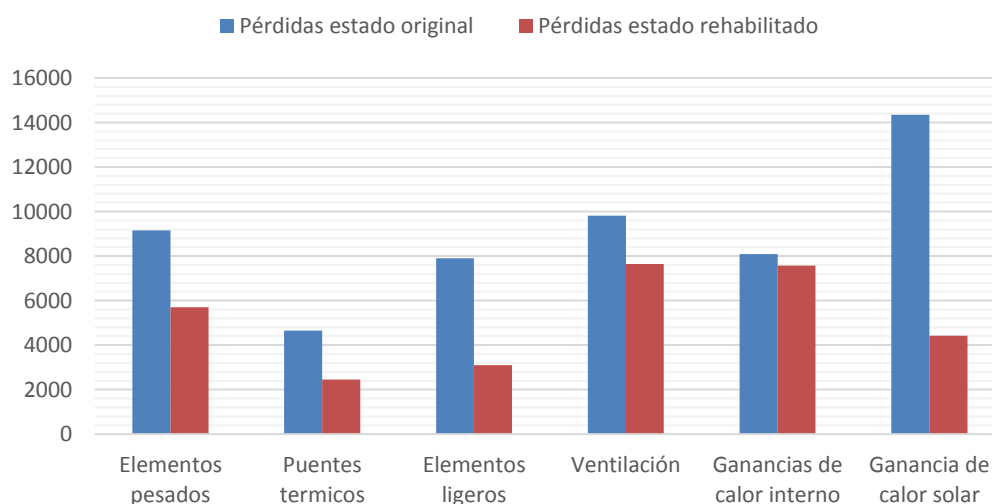
## 7.2. Comparativa de las pérdidas

A continuación, mostraremos una tabla representando las pérdidas totales de la vivienda en ambos estados.

	Perdidas (Original) kWh/año	Perdidas (Original) %	Perdidas (Rehabilitado) kWh/año	Perdidas (Rehabilitado) %	Diferencia kWh/año	Ahorro anual €
<b>Elementos pesados</b>	<b>9152</b>	16.97	<b>5700.8</b>	18.46	3451.2	172.56
<b>Puentes térmicos</b>	<b>4647.2</b>	8.62	<b>2445.4</b>	7.93	2201.8	110.09
<b>Elementos ligeros</b>	<b>7899.4</b>	14.65	<b>3097.4</b>	10	4802	240.1
<b>Ventilación</b>	<b>9816.2</b>	18.2	<b>7639.8</b>	24.75	2176.4	108.82
<b>Ganancias de calor interno</b>	<b>8081.8</b>	14.98	<b>7577.6</b>	24.55	504.2	25.21
<b>Ganancia de calor solar</b>	<b>14339</b>	26.58	<b>4418.3</b>	14.31	9920.7	496.035
<b>TOTALES:</b>	<b>53935.6</b>	<b>100</b>	<b>30879.3</b>	<b>100</b>	<b>23056.3</b>	<b>1152.82</b>

Más adelante, vamos a hacer una representación gráfica de la tabla mostrada anteriormente.

## Comparativa de pérdidas



En el gráfico anterior, vemos como al realizar la rehabilitación sobre los elementos pasivos de la vivienda, hemos conseguido una reducción notable de pérdidas en todos los componentes.



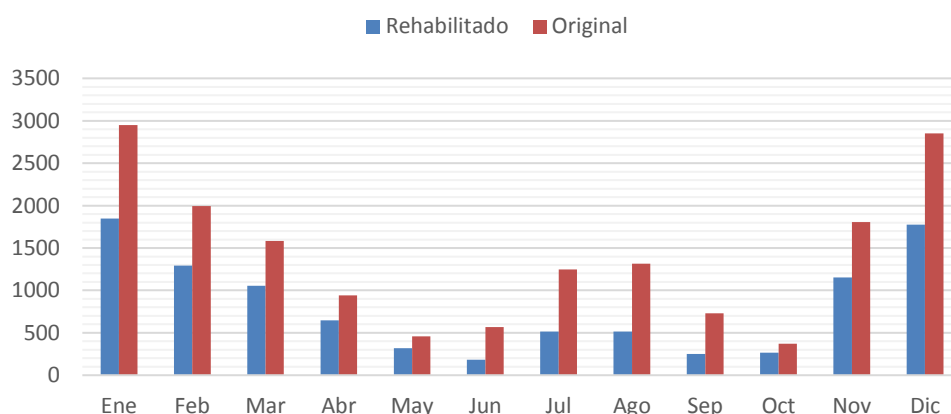
Viendo los elementos pesados, como los cerramientos y la cubierta (junto con los puentes térmicos), han pasado de tener unas pérdidas de 13799.2 a 8146.2 kWh/año, es un 41 % de reducción. Estamos hablando de 282.65 euros de ahorro anuales.

Los elementos ligeros (ventanas), también suponen una reducción importante al pasar de 7899.4 a 3097.4 kWh/año, de esto modo obteniendo una reducción de 60.8 %. Que finalmente crea un ahorro de 240.1 euros anuales.

También, gracias a las protecciones solares, hemos reducido de forma considerada las ganancias de sol por radiación directa, han pasado de ser 14339 a 4418.3 kWh/año, de este modo consiguiendo una reducción de 69.2 %. Gracias a esto, obtenemos un ahorro de 496.03 euros anuales.

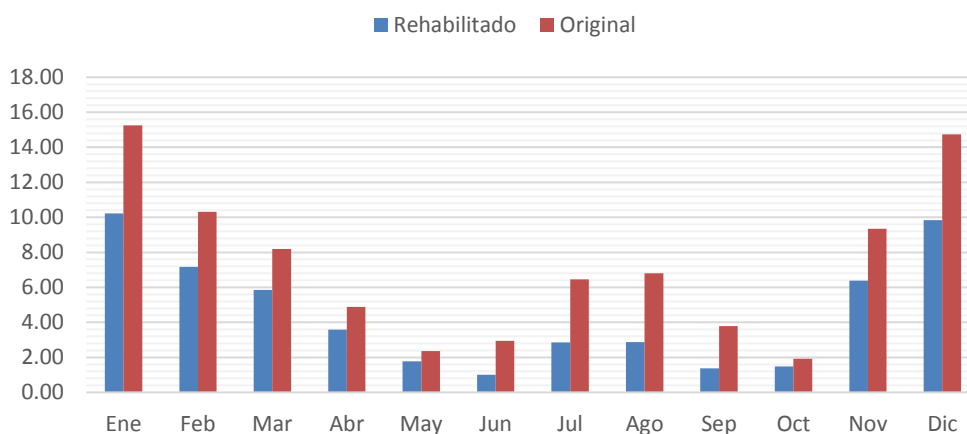
### 7.3. Resumen grafico mensual de pérdidas y ganancias energéticas

## Comparativa de las demandas mensuales (kWh)



En la gráfica anterior, podemos observar la diferencia de las demandas totales mensuales, en kWh, entre el los estados original y rehabilitado.

## Comparativa de las demandas mensuales (kWh/m<sup>2</sup>)





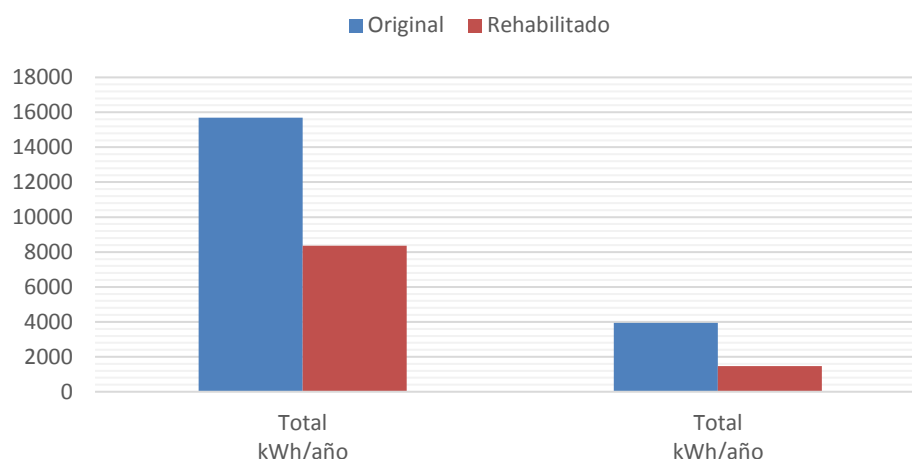
En la gráfica anterior, podemos observar la misma diferencia de las demandas totales mensuales, pero en este caso está representada según la superficie de la vivienda, en kWh/m<sup>2</sup>, entre el los estados original y rehabilitado

#### 7.4. Comparativa mensual de pérdidas y ganancias

A continuación, procederemos a la comparación de las demandas de los estados inicial y final.

	Demanda calefacción		Demanda Refrigeración	
	Total kWh/año	Por unidad kWh/m <sup>2</sup> año	Total kWh/año	Por unidad kWh/m <sup>2</sup> año
<b>Original</b>	<b>15684.5</b>	<b>81.1</b>	<b>3946.9</b>	<b>20.4</b>
<b>Rehabilitado</b>	<b>8353.5</b>	<b>46.3</b>	<b>1463.5</b>	<b>8.11</b>
Diferencia	7331	34.8	2483.4	12.29

### Comparativa demandas totales



En la tabla anterior, vemos que la nueva demanda de calefacción del edificio rehabilitado es de 8353.5 kWh/año, con la intervención hemos conseguido una reducirla de 7331 kWh/año. En caso de la refrigeración, la demanda final es de 1463.5 kWh/año, gracias a la rehabilitación hemos reducido 2483.4 kWh/año.

#### 7.5. Certificación energética

Asignando un equipo mixto de calefacción y de agua sanitaria y un equipo de caldera de condensación de gas naturas, el mismo que asignamos al estado original, hemos realizado una certificación energética con ayuda del programa CE3X, los resultados son los siguientes.

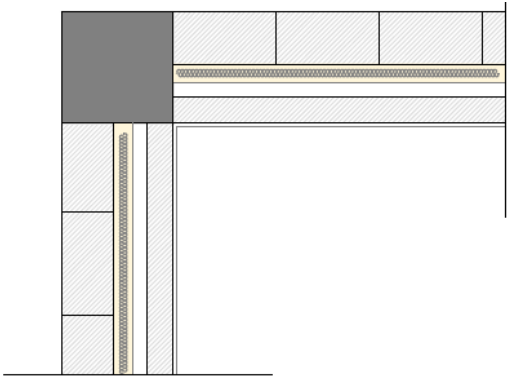


DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>&lt; 28.9 A</div><div>28.9-46.8 B</div><div>46.8-72.6 C</div><div>72.6-111.6 D</div><div>111.6-178.3 E</div><div>178.3-208.6 F</div><div>≥ 208.6 G</div></div>	116.5 E	<div><div>&lt; 10.0 A</div><div>10.0-14.3 B</div><div>14.3-20.4 C</div><div>20.4-29.7 D</div><div>29.7-36.7 E</div><div>36.7-45.1 F</div><div>≥ 45.1 G</div></div>	7.3 A
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

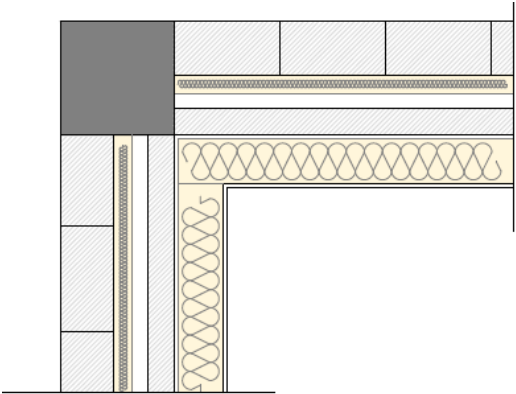
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<div><div>&lt; 12.2 A</div><div>12.2-19.9 B</div><div>19.9-30.8 C</div><div>30.8-47.3 D</div><div>47.3-83.7 E</div><div>83.7-100.4 F</div><div>≥ 100.4 G</div></div>	<div>82.1 E</div>	CALEFACCIÓN		ACS	
		<div>Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]</div>	E	<div>Emisiones ACS [kgCO2/m² año]</div>	G
		47.50		33.35	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		<div>Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]</div>	A	<div>Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]</div>	-
		1.21		-	
<div>Emisiones globales [kgCO2/m² año]</div>					

7.6. Comparativa de detalles

Detalle esquina Original



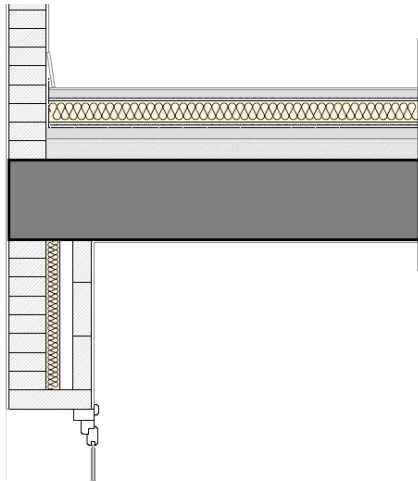
Detalle esquina Rehabilitado



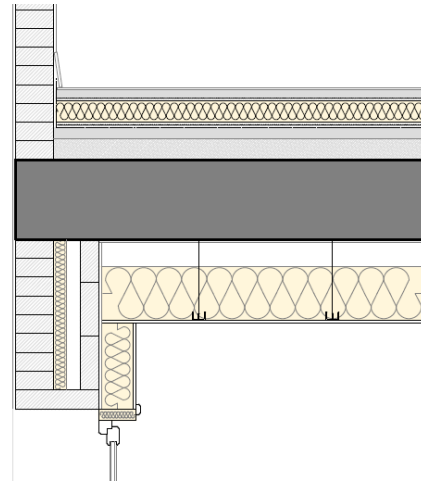




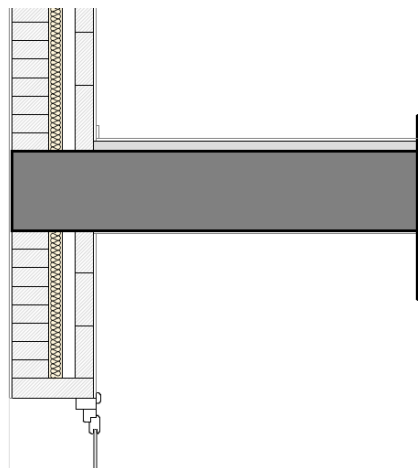
Detalle unión cubierta-fachada Original



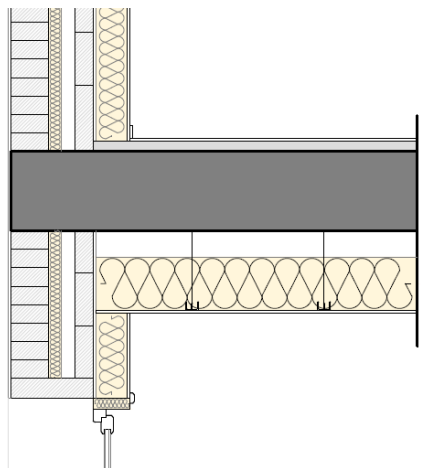
Detalle unión cubierta-fachada Rehabilitado



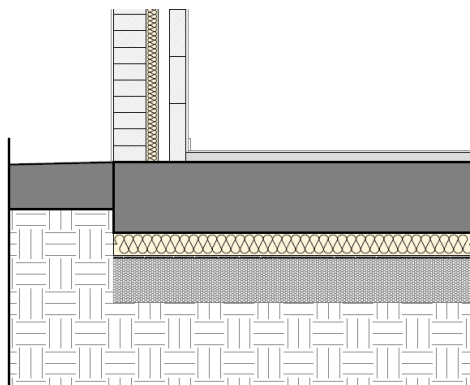
Detalle unión forjado-fachada Original



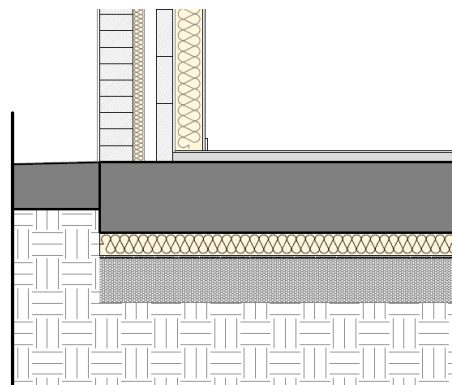
Detalle unión forjado-fachada Rehabilitado



Detalle unión solera-fachada Original

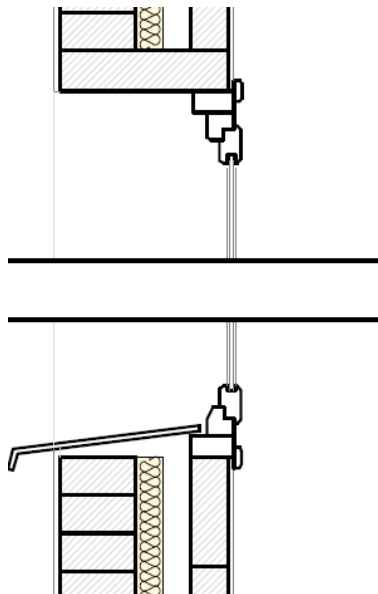


Detalle unión solera-fachada Rehabilitado

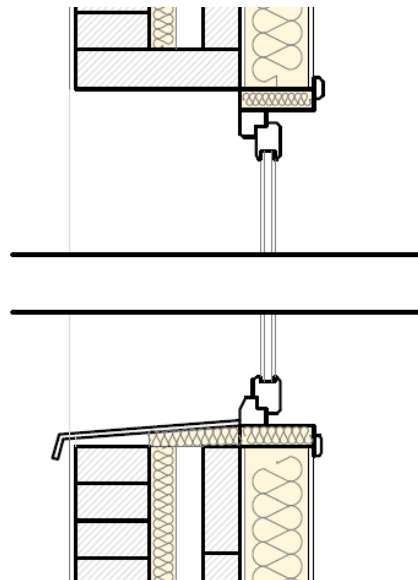




Detalle unión carpintería-fachada Original



Detalle unión carpintería-fachada Rehabilitado





## 8.Conclusiones

---



## 8.1. Introducción

Al principio del trabajo, estudiando los principios de la arquitectura bioclimática y de diseño pasivos, hemos visto que existen varias estrategias o métodos para adaptar la vivienda al lugar donde se encuentra.

También, durante todo el trabajo hemos podido observar que la rehabilitación energética no es un proceso sencillo, mediante el cual se obtienen resultados eficientes y rápidos. Sino que, es un proceso complejo, que requiere su dedicación y estudio del caso en particular. Ya que, sobre cada situación influyen factores muy variantes, y esto hace que el técnico que la realiza ha de ser un especialista en dicho ámbito con conocimientos necesarios previamente adquiridos.

Después de realizar el análisis de la vivienda elegida para el estudio, hemos visto que el problema principal de las altas demandas son las pérdidas, dicho de otro modo, los intercambios de temperatura a través de la envolvente entre el interior y el exterior. Siendo la diferencia de temperatura entre el exterior e interior muy baja, tener una envolvente térmica con unas prestaciones de transmitancia térmica muy bajas no sale a cuenta, ya que el intercambio será mínimo. En caso de tener diferencias muy altas de temperatura, la necesidad de tener una envolvente con transmitancia térmica muy baja, se convierte en prioritaria.

## 8.2. Resumen del presupuesto de la rehabilitación

El presupuesto de las opciones elegidas para la rehabilitación es de **39.379,32 euros**, incluido el 21 % de IVA, 3 % de beneficio industria y 16 % de gastos generales.

Proyecto: TFG\_PRESUPUESTO

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Cerramiento exterior	8.603,86
Capítulo 2 Ventanas	10.367,29
Capítulo 3 Cubiertas	5.539,64
Capítulo 4 Protección solar	2.837,86
Presupuesto de ejecución material	27.348,65
16% de gastos generales	4.375,78
3% de beneficio industrial	820,46
Suma	32.544,89
21% IVA	6.834,43
Presupuesto de ejecución por contrata	39.379,32

## 8.3. Periodo de amortización

En el apartado “Comparativa de los estados”, hemos determinado que el ahorro anual generado es de **1152.82 euros**. Visto anteriormente, que el coste final de la rehabilitación es de **39.379,32 euros**. Mediante un cálculo sencillo, dividiendo el importe del presupuesto entre el ahorro anual producido por la rehabilitación, obtenemos el periodo de amortización de la inversión realizada.

$$39.379,32 / 1152.82 = 34.16 \text{ años}$$

Obtenemos un periodo de amortización de **34.16 años**, o **410 meses**.



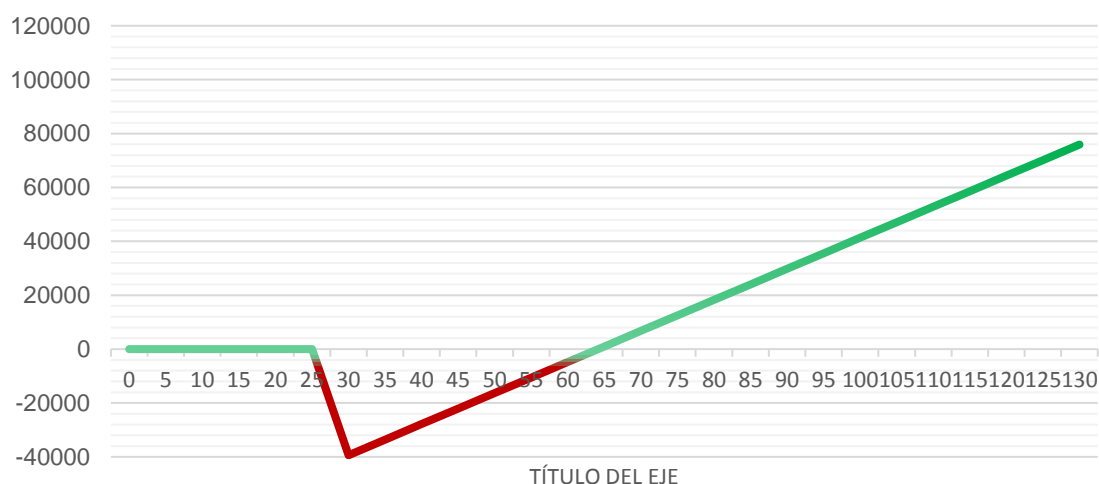
Podemos observar este valor desde varias perspectivas. Ya que, es un periodo que no lo podemos llamar corto o pequeño, al revés, es un periodo largo que requiere una cierta paciencia en recuperarlo. Esto quiere decir que no para todas las personas será efectivo.

En un hipotético caso de un propietario que alquile dicha vivienda a terceras personas, esta inversión no sería la más óptima. Ya que, para recuperarla en el periodo de 34.16 años, debería de subir el precio del alquiler valor anual del ahorro proporcionado por la rehabilitación. Este acto supondría que el nuevo precio del alquiler excedería el precio del mercado. Como consecuencia, la vivienda ya no sería tan deseada desde el punto de visto de los clientes.

En otro hipotético caso de que el propietario sea un inversor que desee amortizar el valor invertido de una forma rápida y obtener ganancias. Este caso no sería el idóneo, ya que el periodo es muy largo.

Por último, si el propietario fuera el habitante de la casa, el periodo de 34.16 años ya no parecería algo tan excesivo. Ya que, el periodo de la vida útil de la vivienda, según el documento BOE, para los edificios de uso residencial, es de 100 años. Pero entendemos que la realidad es diferente y la construcción puede aguantar muchos más años. En este caso, la rehabilitación, se convierte en una inversión efectiva que a lo larga supondría unas ganancias económicas.

## Periodo de amortización y ganancias



Visto la gráfica anterior, si decimos que el propietario ha realizado una inversión de rehabilitación energética a los 30 años de antigüedad de la vivienda, al año 64.16 de antigüedad recuperaría la inversión. Y al año 100, obtiene unas ganancias de 40.000 euros aproximadamente.



Durante todo el trabajo nos han servido de apoyo los siguientes programas informáticos:

- **Microsoft Office**
- **Microsoft Excel**
- **Microsoft PowerPoint**
- **AutoCAD 2016**
- **Revit 2017**
- **CYPECAD MEP**
- **CE3X**
- **VYP CALENER**



## Bibliografía

### Libros:

- Francis D.K. Ching y Ian M. Shapiro. 2015. *Arquitectura ecológica*. Editorial Gustavo Gili, S.L
- Micheel Wassouf. 2016 *De la casa pasiva al estándar*
- F. Javier Neil Gonzales. 2004 *La arquitectura bioclimática en un entorno sostenible*
- Victor Olgyay. 2003 *Arquitectura y el clima*

### Documentos:

Código técnico de la edificación

Climate Change 2014: Synthesis Report

La energía en España 2015

### Web-paginas:

<http://www.aemet.es>

[http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR\\_AR5\\_FINAL\\_full\\_es.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/syr/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf)

[https://es.wikipedia.org/wiki/Transmitancia\\_t%C3%A9rmica](https://es.wikipedia.org/wiki/Transmitancia_t%C3%A9rmica)

<http://geografia.laguia2000.com/general/microclima>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Microclima>

<http://www.google.es>

## **Anejo: Presupuesto**

---



Presupuesto y medición

## Presupuesto parcial nº 1 Cerramiento exterior

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
1.1 ZFT031	m²	Rehabilitación energética de fachadas y particiones mediante el sistema "URSA IBÉRICA AISLANTES" de aislamiento termoacústico y trasdosado autoportante, colocado en particiones interiores y por el interior de cerramientos verticales, formado por el trasdosado, con placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 15 / borde afinado, atornillada directamente a una estructura autoportante arriostrada; aislamiento con panel de lana mineral, T18R Ursa Terra "URSA IBÉRICA AISLANTES", no revestido, suministrado en rollos de 5,4 m de longitud, de 120 mm de espesor, colocado en el espacio entre el paramento y las maestras; y dos manos de pintura plástica, color blanco, acabado mate, textura lisa, (rendimiento: 0,1 l/m² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa.			
	Total m²	.....	229,620	37,47	8.603,86

## Presupuesto parcial nº 2 Ventanas

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
2.1 ZBC050e	Ud	Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el levantado de la carpintería acristalada existente, de cualquier tipo, situada en fachada, con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor, y sustitución por carpintería de PVC, para conformado de ventana de PVC, serie Eurofutur 70 "KÖMMERLING", dos hojas practicables con apertura hacia el interior, dimensiones 1600x1200 mm, con premarco y doble acristalamiento estándar, 4/6/4, con perfil continuo de neopreno en ambas caras.			
	Total Ud	.....	4,000	401,51	1.606,04
2.2 ZBC050	Ud	Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el levantado de la carpintería acristalada existente, de cualquier tipo, situada en fachada, con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor, y sustitución por carpintería de PVC, para conformado de ventana de PVC, serie Eurofutur 70 "KÖMMERLING", una hoja practicable con apertura hacia el interior, dimensiones 800x1200 mm, con premarco y doble acristalamiento estándar, 4/6/4, con perfil continuo de neopreno en ambas caras.			
	Total Ud	.....	2,000	256,61	513,22
2.3 ZBC050b	Ud	Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el levantado de la carpintería acristalada existente, de cualquier tipo, situada en fachada, con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor, y sustitución por carpintería de PVC, para conformado de puerta de PVC, serie Premiline "KÖMMERLING", dos hojas correderas, dimensiones 1800x2100 mm, con premarco y doble acristalamiento estándar, 4/6/4, con perfil continuo de neopreno en ambas caras.			
	Total Ud	.....	3,000	605,69	1.817,07
2.4 ZBC050c	Ud	Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el levantado de la carpintería acristalada existente, de cualquier tipo, situada en fachada, con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor, y sustitución por carpintería de PVC, para conformado de puerta de PVC, serie Premiline "KÖMMERLING", tres hojas correderas, dimensiones 2500x2100 mm, con premarco y doble acristalamiento estándar, 4/6/4, con perfil continuo de neopreno en ambas caras.			
	Total Ud	.....	1,000	947,67	947,67
2.5 ZBC050d	Ud	Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el levantado de la carpintería acristalada existente, de cualquier tipo, situada en fachada, con medios manuales y carga manual de escombros sobre camión o contenedor, y sustitución por carpintería de PVC, para conformado de ventana de PVC, serie Premiline "KÖMMERLING", dos hojas correderas, dimensiones 1800x600 mm, con premarco y doble acristalamiento estándar, 4/6/4, con perfil continuo de neopreno en ambas caras.			
	Total Ud	.....	3,000	292,72	878,16
2.6 ZBV010	m²	Rehabilitación energética de cerramientos de huecos de fachada, mediante el desmontaje del acristalamiento existente en la carpintería exterior, formado por acristalamiento de doble hoja de vidrio 4+CA+4 mm, fijado sobre carpintería, con medios manuales y carga manual del material desmontado sobre camión o contenedor, y sustitución por doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul, de 26 mm de espesor total, con calzos y sellado continuo.			
	Total m²	.....	30,160	152,69	4.605,13

## Presupuesto parcial nº 3 Cubiertas

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
3.1 ZHF040	m²	Rehabilitación energética mediante el sistema "URSA IBÉRICA AISLANTES" de aislamiento termoacústico por el interior, mediante la colocación de manta de lana mineral PureOne, Pure 40 RP "URSA IBÉRICA AISLANTES", revestida por una de sus caras con papel kraft que actúa como barrera de vapor, de 200 mm de espesor, apoyado directamente sobre falso techo continuo suspendido liso (12,5+27+27), con una placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / longitud / 12,5 / borde afinado, fijada a maestras separadas 1000 mm entre ejes y suspendidas del forjado o elemento soporte mediante cuelgues combinados; y dos manos de pintura plástica, color blanco, acabado mate, textura lisa, (rendimiento: 0,1 l/m² cada mano); previa aplicación de una mano de imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa.			
	Total m²	.....	128,500	43,11	5.539,64

## Presupuesto parcial nº 4 Protección solar

Código	Ud	Denominación	Medición	Precio	Total
4.1 LSV020	Ud	Carpintería de aluminio, acabado en lacado color blanco, para conformado de contraventana practicable de dos hojas de lamas fijas, de 80x120 cm, gama básica, colocada en ventana. Accesorios, herrajes de colgar y apertura, juntas de acristalamiento de EPDM, tornillería de acero inoxidable, elementos de estanqueidad, accesorios y utillajes de mecanizado homologados.			
	Total Ud .....		2,000	174,73	349,46
4.2 LSV020b	Ud	Carpintería de aluminio, acabado en lacado color blanco, para conformado de contraventana practicable de tres hojas de lamas fijas, de 160x120 cm, gama básica, colocada en ventana. Accesorios, herrajes de colgar y apertura, juntas de acristalamiento de EPDM, tornillería de acero inoxidable, elementos de estanqueidad, accesorios y utillajes de mecanizado homologados.			
	Total Ud .....		4,000	289,85	1.159,40
4.3 LSV020c	Ud	Carpintería de aluminio, acabado en lacado color blanco, para conformado de contraventana plegable de tres hojas de lamas fijas, de 180x210 cm, gama básica, colocada en puerta. Accesorios, herrajes de colgar y apertura, juntas de acristalamiento de EPDM, tornillería de acero inoxidable, elementos de estanqueidad, accesorios y utillajes de mecanizado homologados.			
	Total Ud .....		1,000	392,74	392,74
4.4 LSN020	Ud	Persiana veneciana interior de aluminio, de 1800 mm de anchura y de 2100 mm de altura, con lamas orientables de 16 mm de color blanco, accionamiento manual mediante cordón y varilla en el lado derecho; fijada en la pared con anclajes mecánicos.			
	Total Ud .....		2,000	323,24	646,48
4.5 LSN020b	Ud	Persiana veneciana interior de aluminio, de 2500 mm de anchura y de 1000 mm de altura, con lamas orientables de 25 mm de color blanco, accionamiento manual mediante cordón y varilla en el lado derecho; fijada en la pared con anclajes mecánicos.			
	Total Ud .....		1,000	289,78	289,78

Presupuesto de ejecución material

1. Cerramiento exterior .....	8.603,86
2. Ventanas .....	10.367,29
3. Cubiertas .....	5.539,64
4. Protección solar .....	2.837,86
Total:	27.348,65

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de  
VEINTISIETE MIL TRESCIENTOS CUARENTA Y OCHO EUROS CON SESENTA Y CINCO  
CÉNTIMOS.

Proyecto: TFG\_PRESUPUESTO

Capítulo	Importe
Capítulo 1 Cerramiento exterior	8.603,86
Capítulo 2 Ventanas	10.367,29
Capítulo 3 Cubiertas	5.539,64
Capítulo 4 Protección solar	2.837,86
Presupuesto de ejecución material	27.348,65
16% de gastos generales	4.375,78
3% de beneficio industrial	820,46
Suma	32.544,89
21% IVA	6.834,43
Presupuesto de ejecución por contrata	39.379,32

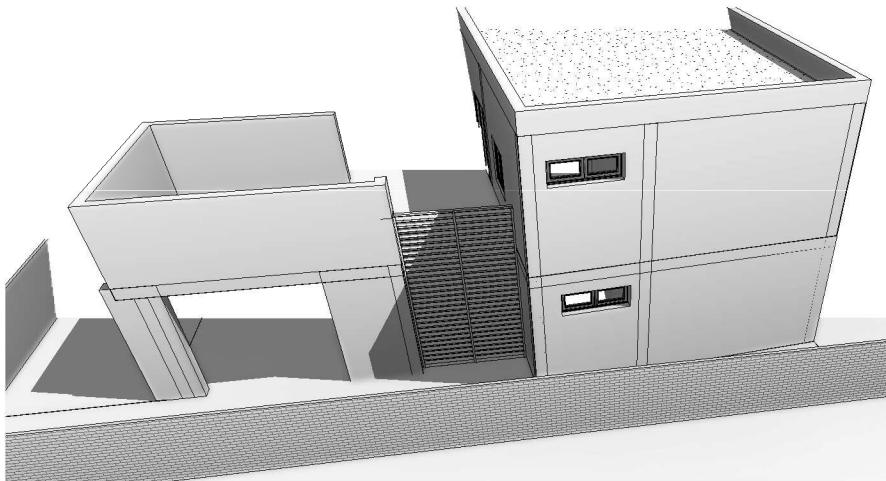
Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de TREINTA Y NUEVE MIL TRESCIENTOS SETENTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y DOS CÉNTIMOS.

## Anejo: Planos

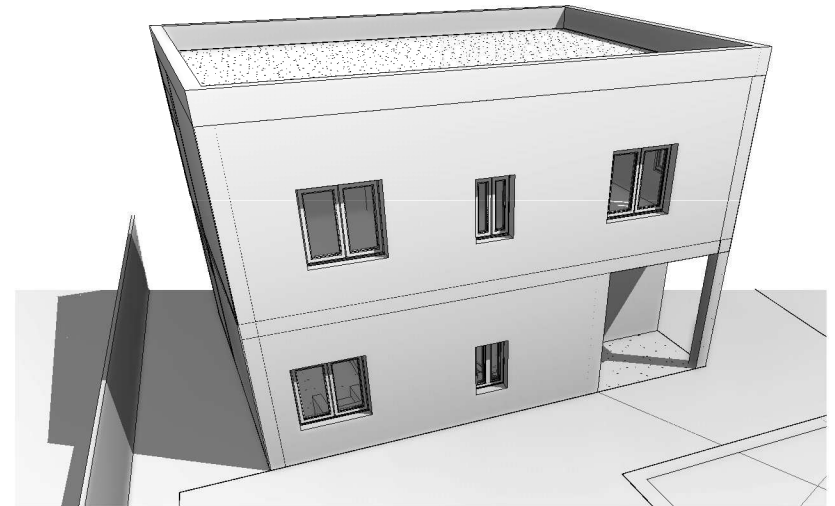
---



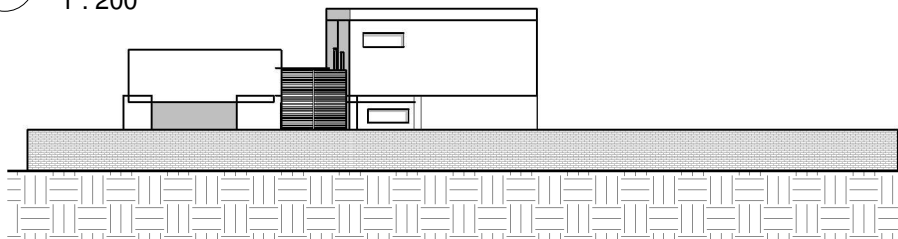
1 3D Fachada Noreste



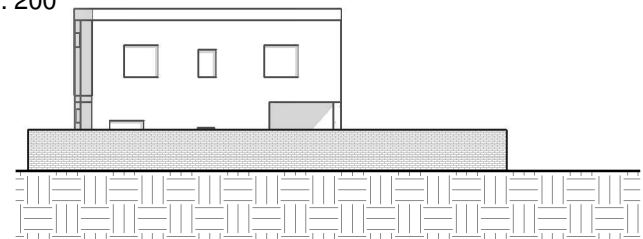
4 3D Fachada Noroeste



2 Norteste  
1 : 200



3 Nortoeste  
1 : 200



[www.autodesk.com/revit](http://www.autodesk.com/revit)

No.	Description	Date

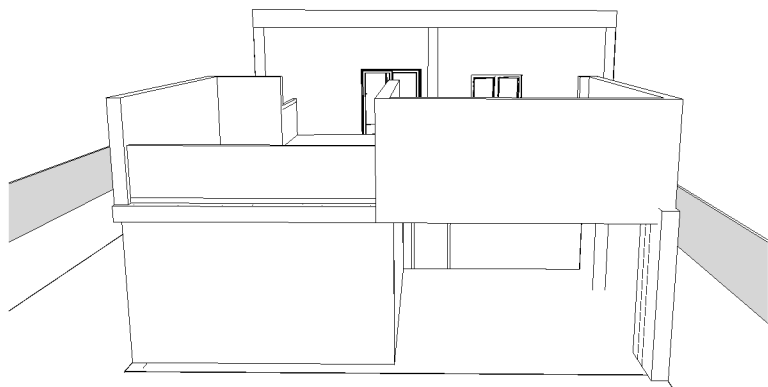
Mykhaylo Gusak

Trabajo final de carrera

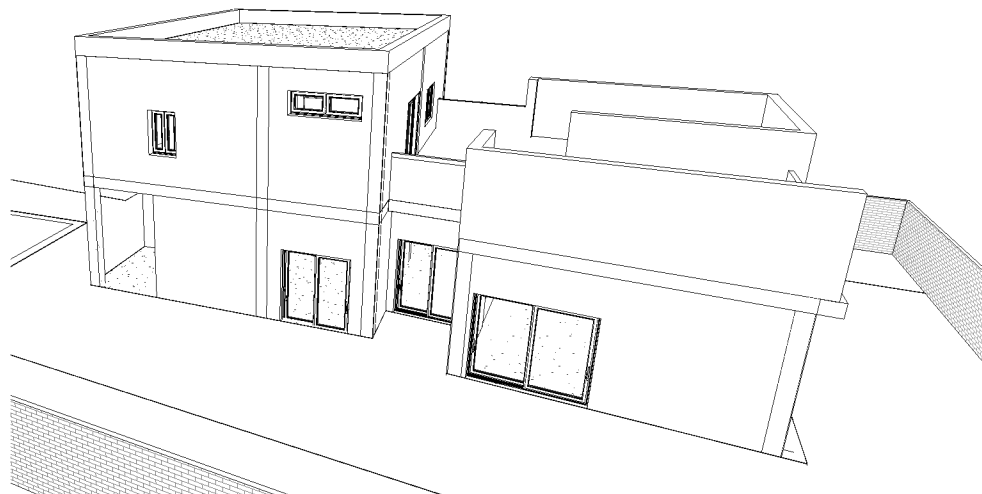
Fachadas y perspectivas

Project number	0001	1
Date	28/08/17	
Drawn by	Mykhaylo Gusak	Scale
Checked by	J.M.Burgués	
		1 : 200

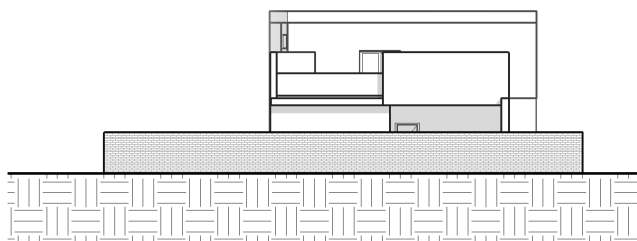
1 3D Fachada Sudeste



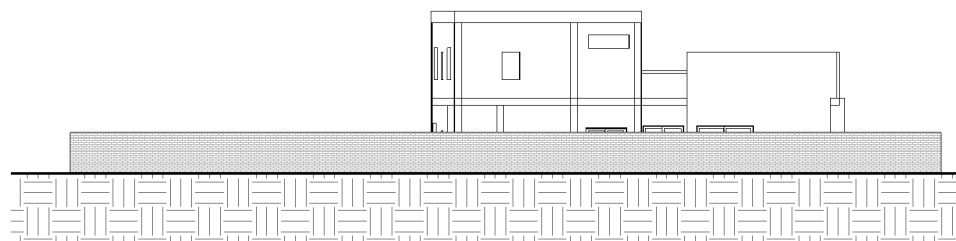
2 3D Fachada Sudoeste



3 Sudeste  
1 : 200



4 Sur  
1 : 200



[www.autodesk.com/revit](http://www.autodesk.com/revit)

No.	Description	Date

Mykhaylo Gusak

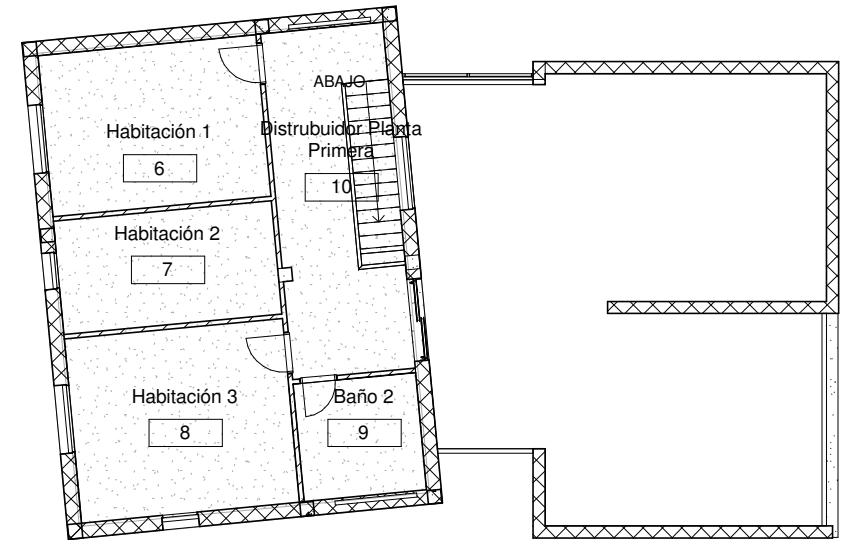
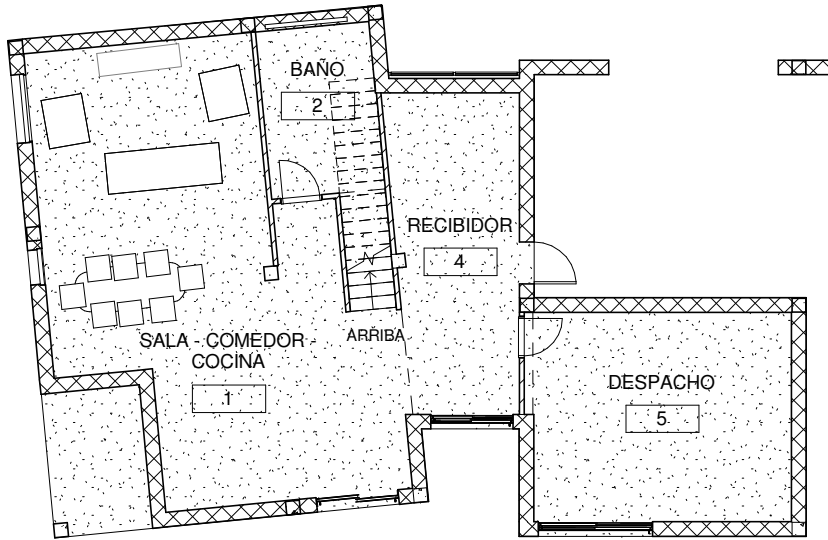
Trabajo final de carrera

Fachada y perspectivas 2

Project number	0001	2
Date	28/08/17	
Drawn by	Mykhaylo Gusak	Scale
Checked by	J.M.Burgués	
		1 : 200

## 2 Planta primera

1 : 100



## 1 Planta baja

1 : 100



[www.autodesk.com/revit](http://www.autodesk.com/revit)

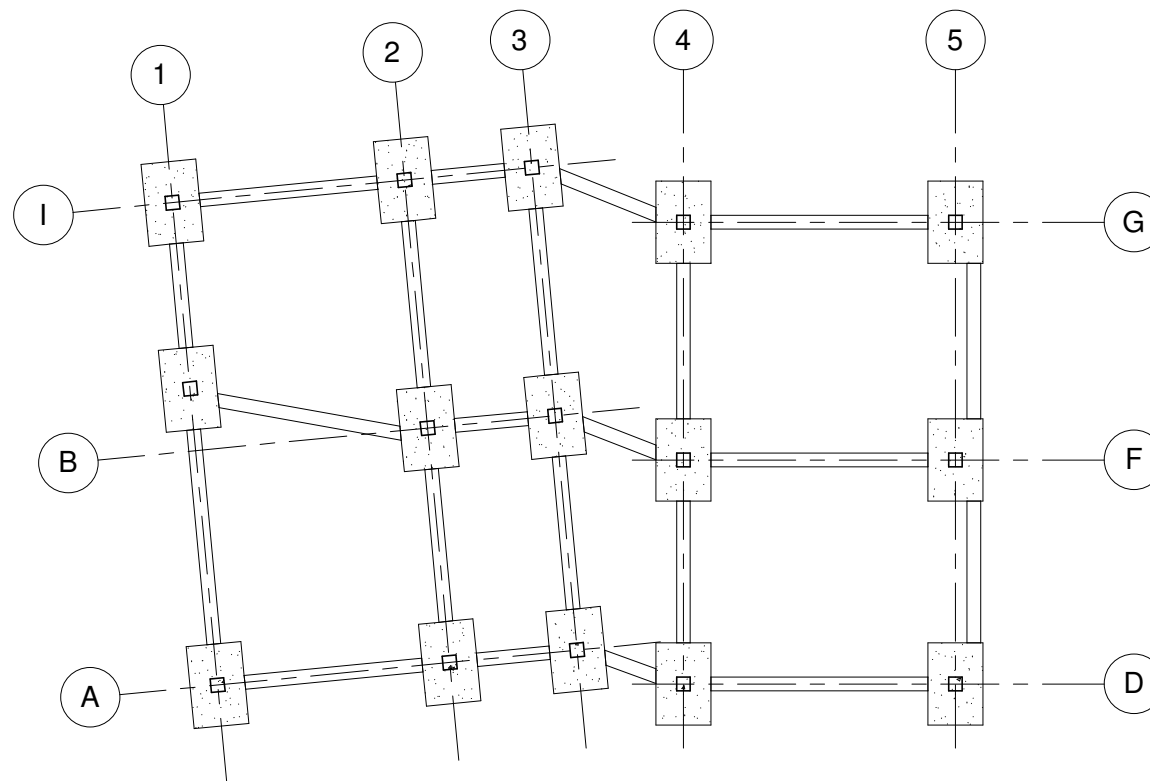
No.	Description	Date

Mykhaylo Gusak

Trabajo final de carrera

Plantas

Project number	0001	3
Date	28/08/17	
Drawn by	Mykhaylo Gusak	
Checked by	J.M. Burgués	
Scale	1 : 100	



1 Cimentación Copia 1  
1 : 100



www.autodesk.com/revit

No.	Description	Date

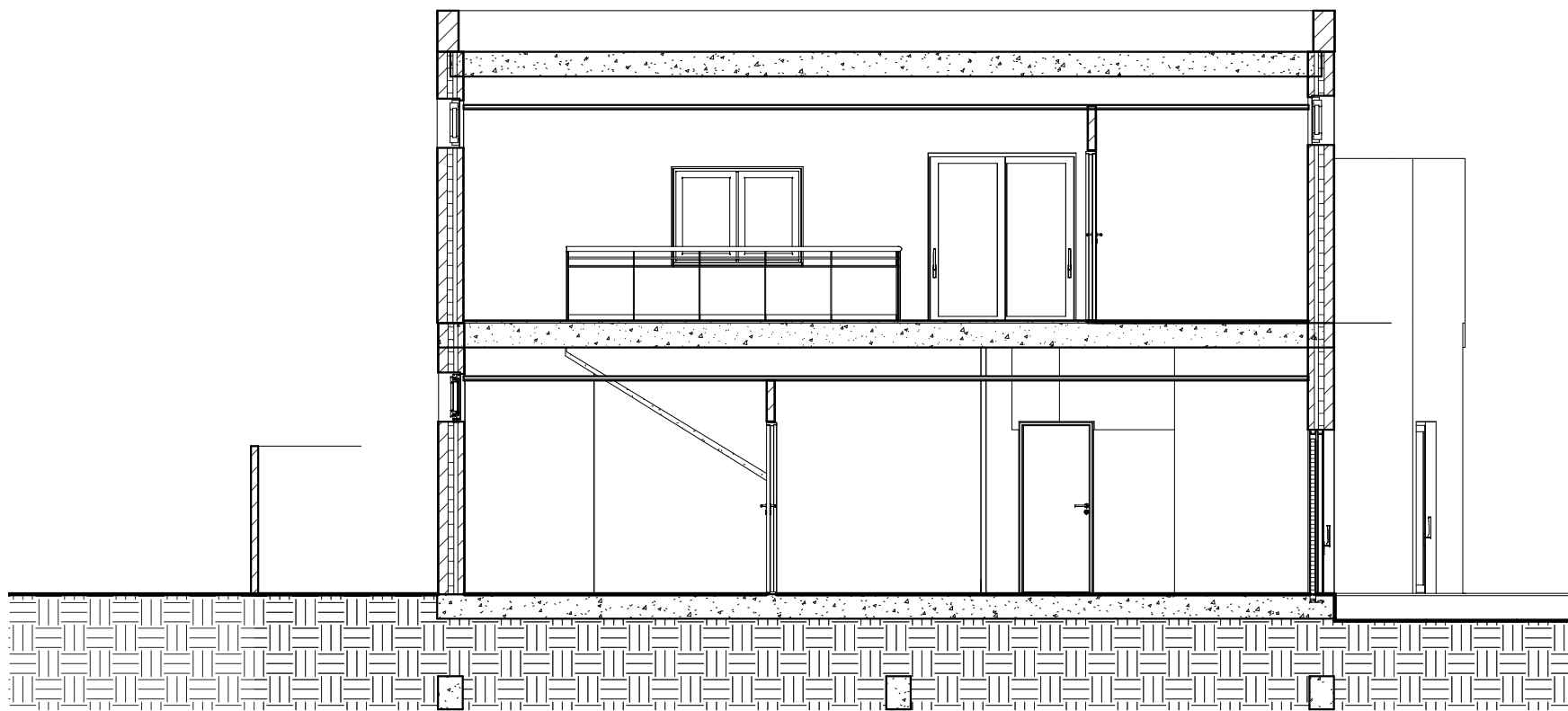
Mykhaylo Gusak

Trabajo final de carrera

Cimentación

Project number	0001	4
Date	28/08/17	
Drawn by	Autor	
Checked by	J.M. Burgués	Scale
		1 : 100

31/08/2017 11:16:19



## Sección 1

1

1:50



**AUTODESK**

[www.autodesk.com/revit](http://www.autodesk.com/revit)

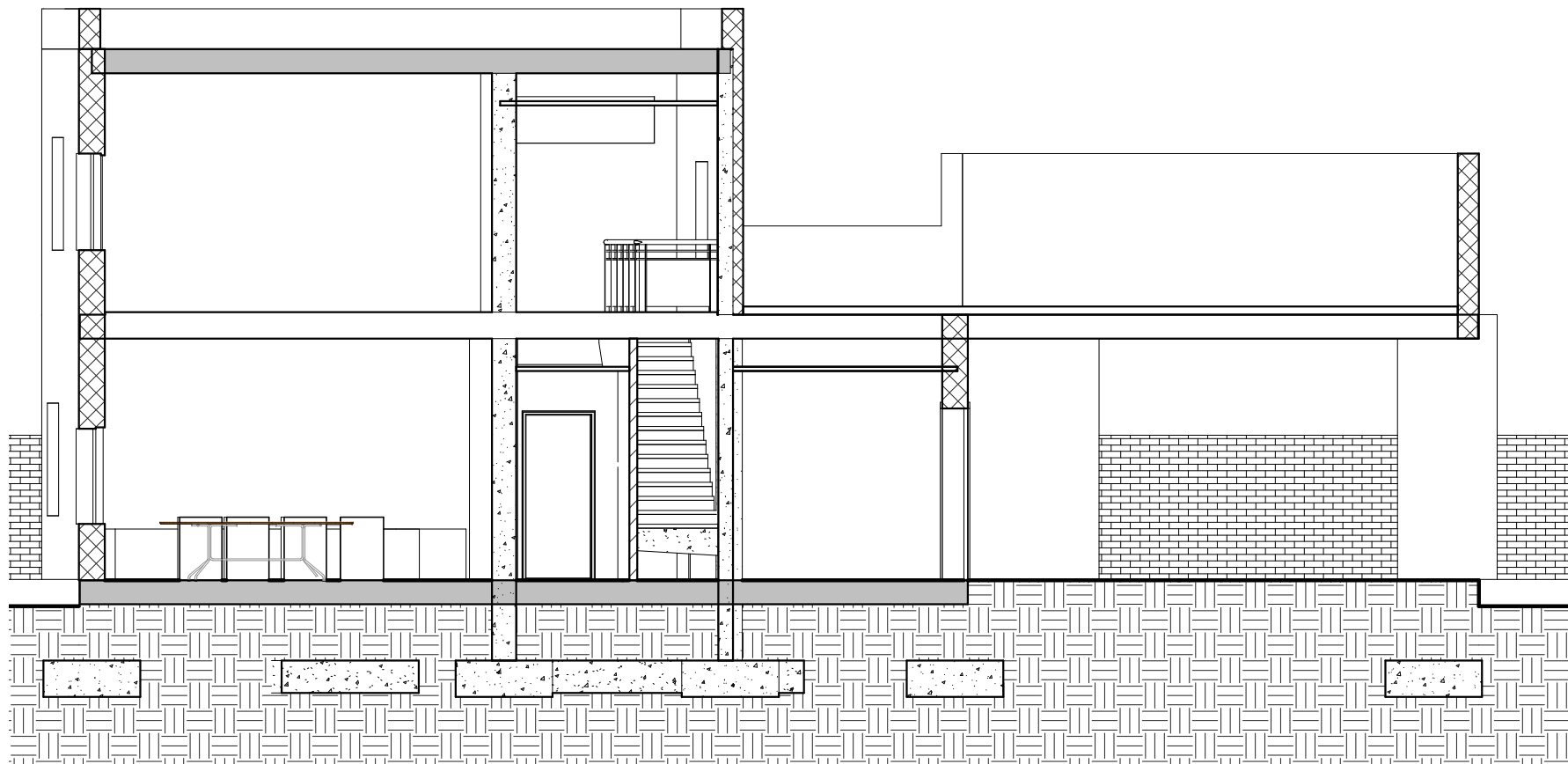
No.	Description	Date

Mykhaylo Gusak

Trabajo final de carrera

Sección 1

Project number	0001	5
Date	28/08/17	
Drawn by	Autor	
Checked by	J.M. Burgués	Scale
		1:50



Sección 2

1 : 50



[www.autodesk.com/revit](http://www.autodesk.com/revit)

No.	Description	Date

Mykhaylo Gusak

Trabajo final de carrera

Sección 2

Project number	0001	6
Date	28/08/17	
Drawn by	Autor	1 : 50
Checked by	J.M. Burgués	
Scale		

31/08/2017 11:19:29

## **Anejo: Resultados de la simulación energética**

---

1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	2
1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.....	2
1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.....	2
1.3.- Resultados mensuales.....	2
1.3.1.- Balance energético anual del edificio.....	2
1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.....	4
1.3.3.- Evolución de la temperatura.....	5
2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	5
2.1.- Zonificación climática.....	5
2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.....	5
2.2.1.- Agrupaciones de recintos.....	5
2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.....	6
2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.....	7
2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.....	7
2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.....	8
2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.....	9
2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.....	10





## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{\text{cal,edificio}} = 81.11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 37.3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$

donde:

$D_{\text{cal,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 193.38 m<sup>2</sup>.

$$D_{\text{ref,edificio}} = 20.41 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{ref,lim}} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$

donde:

$D_{\text{ref,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{\text{cal}}$ (kWh /año)	$D_{\text{cal}}$ (kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{cal,base}}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{\text{ref}}$ (kWh /año)	$D_{\text{ref}}$ (kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{ref,lim}}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	193.38	15684.5	81.1	27	2000	37.3	3946.9	20.4	15.0
	193.38	15684.5	81.1	27	2000	37.3	3946.9	20.4	15.0

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{\text{cal}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

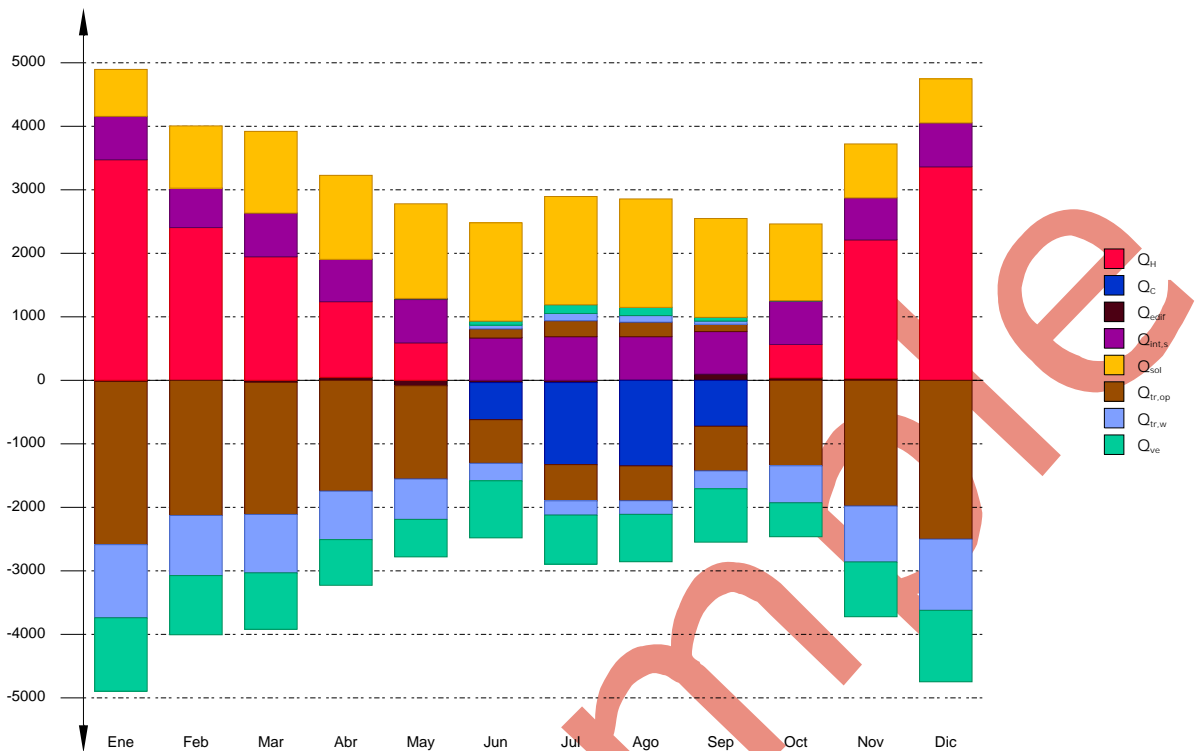
### 1.3.- Resultados mensuales.

#### 1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ( $Q_{\text{tr,op}}$  y  $Q_{\text{tr,wl}}$  respectivamente), la energía intercambiada por ventilación ( $Q_{\text{ve}}$ ), la ganancia interna sensible neta ( $Q_{\text{int,s}}$ ), la ganancia solar neta ( $Q_{\text{sol}}$ ), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio ( $Q_{\text{edif}}$ ), y el aporte necesario de calefacción ( $Q_{\text{H}}$ ) y refrigeración ( $Q_{\text{C}}$ ).



Energía (kWh/mes)



Proyecto de final de carrera

En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh /año) (kWh/ (m²·a))		
Balance energético anual del edificio.															
Producción por unidad	Q <sub>tr,op</sub>	--	--	--	0.4	11.2	143.5	251.4	228.3	115.2	5.4	--	--	-17570.2	-90.9
	Q <sub>tr,w</sub>	-2569.0	-2127.7	-2080.1	-1745.1	-1469.0	-687.7	-570.0	-548.9	-702.6	-1345.2	-1979.5	-2500.7	-7665.8	-39.6
	Q <sub>ve</sub>	--	--	--	--	2.6	63.7	137.0	128.9	59.0	0.9	--	--	-9672.9	-50.0
	Q <sub>int,s</sub>	688.8	625.3	692.9	671.8	688.8	671.8	692.9	688.8	675.9	688.8	667.6	697.1	8082.0	41.8
	Q <sub>sol</sub>	752.0	997.3	1309.6	1345.4	1515.5	1575.0	1733.7	1736.7	1583.3	1228.0	864.0	705.9	15089.3	78.0
	Q <sub>edif</sub>	-18.4	-0.3	-31.9	46.4	-84.4	-35.2	-35.1	4.2	97.7	34.4	23.2	-0.6		
	Q <sub>H</sub>	3473.2	2405.6	1945.3	1191.8	589.4	--	--	--	--	530.1	2187.5	3361.5	15684.5	81.1
	Q <sub>C</sub>	--	--	--	--	--	-584.3	-1291.9	-1347.0	-723.6	--	--	--	-3946.9	-20.4
	Q <sub>HC</sub>	3473.2	2405.6	1945.3	1191.8	589.4	584.3	1291.9	1347.0	723.6	530.1	2187.5	3361.5	19631.4	101.5

donde:

Q<sub>tr,op</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>tr,w</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>ve</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>int,s</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>sol</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m<sup>2</sup>·año).



$Q_{edif}$ : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

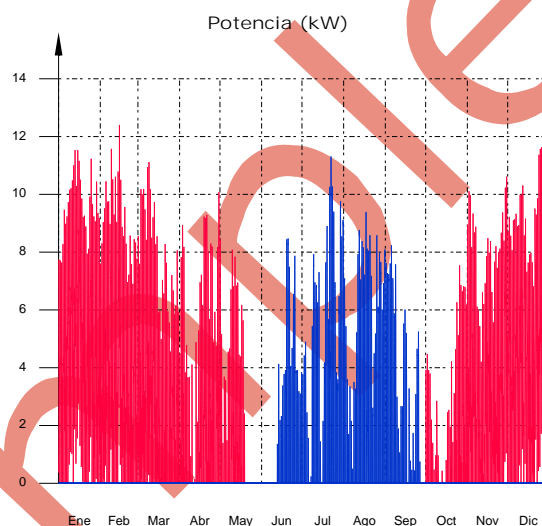
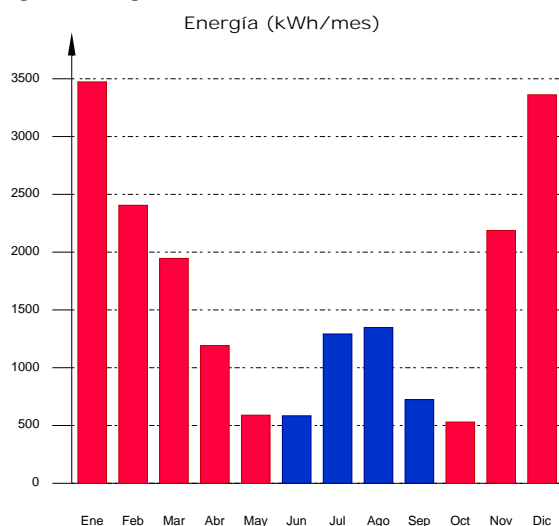
$Q_H$ : Energía aportada de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_C$ : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

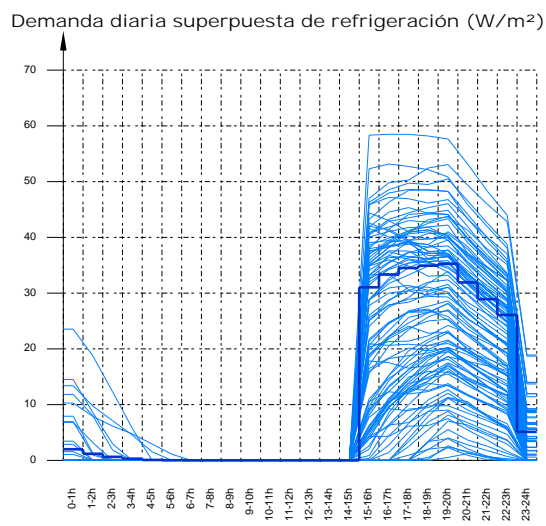
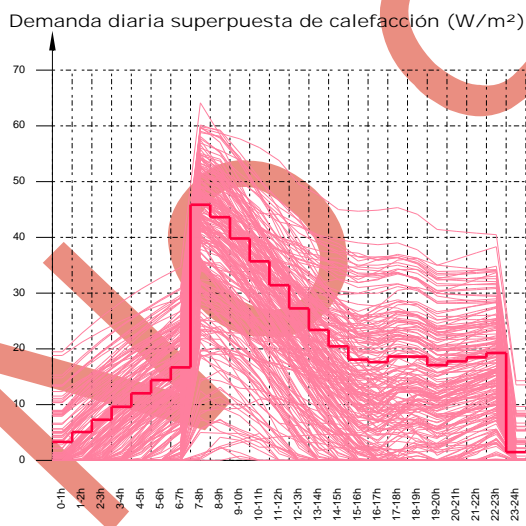
$Q_{HC}$ : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m <sup>2</sup> )	Demanda típica por día activo (kWh/m <sup>2</sup> )
Calefacción	213	226	4044	17	20.06	0.3589
Refrigeración	104	104	875	8	23.33	0.1962

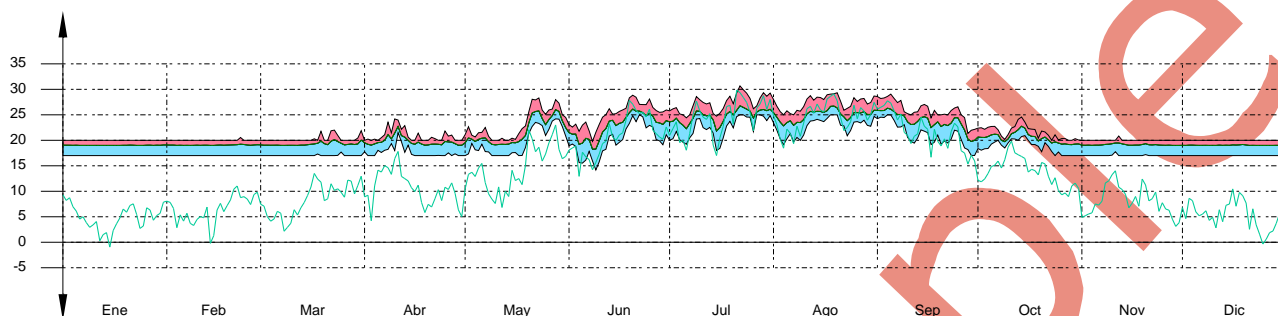


### 1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo, junto a la temperatura exterior media diaria:

Vivienda unifamiliar

Temperatura (°C)



## 2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

### 2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Lleida (provincia de Lleida), con una altura sobre el nivel del mar de 155 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática D3. La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

### 2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

#### 2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus condiciones operacionales conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su acondicionamiento térmico, y sus solicitaciones interiores debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	b <sub>ve</sub>	ren <sub>h</sub> (1/h)	SQ <sub>ocup.s</sub> (kWh/año)	SQ <sub>equip</sub> (kWh/año)	SQ <sub>ilum</sub> (kWh/año)	T° calef. media (°C)	T° refrig. media (°C)
Vivienda unifamiliar (Zona habitable, Perfil: Residencial)									
Baño 1	9.05	21.05	1.00	0.63	119.8	130.8	130.8	19.0	26.0
Sala - Comedor	35.97	93.28	1.00	0.63	476.2	520.0	520.0	19.0	26.0
Cocina	15.89	41.21	1.00	0.63	210.4	229.7	229.7	19.0	26.0
Pasillo	8.37	21.71	1.00	0.63	110.8	121.0	121.0	19.0	26.0
Recibidor	20.64	53.59	1.00	0.63	273.2	298.3	298.3	19.0	26.0
Dormitorio 1	27.99	72.57	1.00	0.63	370.5	404.5	404.5	19.0	26.0
Baño 2	6.98	18.34	1.00	0.63	92.4	100.9	100.9	19.0	26.0
Distribuidor	20.50	47.00	1.00	0.63	271.4	296.4	296.4	19.0	26.0
Dormitorio 2	15.67	40.64	1.00	0.63	207.4	226.5	226.5	19.0	26.0
Dormitorio 3	14.40	37.34	1.00	0.63	190.6	208.1	208.1	19.0	26.0
Dormitorio 4	17.91	46.44	1.00	0.63	237.1	258.9	258.9	19.0	26.0
	193.38	493.16	1.00	0.63/1.028*/4**	2560.0	2795.1	2795.1	19.0	26.0

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m<sup>2</sup>.

V: Volumen interior neto del recinto, m<sup>3</sup>.



- $b_{ve}$ : Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a  $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot h_{tru})$ , donde  $h_{tru}$  es el rendimiento de la unidad de recuperación y  $f_{ve,frac}$  es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.
- $ren_h$ : Número de renovaciones por hora del aire del recinto.
- \*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas y los periodos de 'free cooling'.
- \*\*: Valor nominal del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable en régimen de 'free cooling' (ventilación natural nocturna en las noches de verano).
- $Q_{ocup,s}$ : Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{equip}$ : Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{lum}$ : Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $T^{calef. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.
- $T^{refrig. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

## 2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
Perfil: Residencial (uso residencial)																									
Temp. Consigna Alta (°C)																									
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. Consigna Baja (°C)																									
Enero a Mayo		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Ocupación sensible (W/m²)																									
Laboral		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Ocupación latente (W/m²)																									
Laboral		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Iluminación (W/m²)																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
Equipos (W/m²)																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
Ventilación verano																									
Laboral, Sábado y Festivo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ventilación invierno																									
Laboral, Sábado y Festivo		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

\*: Número de renovaciones correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3.



## 2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

### 2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-64.9 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el 49.8% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-130.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	C (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	Q <sub>tr</sub> (kWh /año)	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	Q <sub>sol</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar										
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.45	73.30	0.45	-160.5	0.4	V	24.44	1.00	6.2
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		3.31	73.30	0.45	-97.7	0.4	V	114.62	0.66	11.1
Tabique PYL 78/600(48) LM		152.03	13.05							
Solera		9.05	145.31	0.34	-200.9					
Forjado unidireccional		9.05	21.67							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		15.66	64.47	0.45	-466.9	0.4	V	-65.35	1.00	46.4
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.19	64.47	0.45	-184.6	0.4	V	-155.56	0.36	13.2
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.98	64.47	0.45	-387.0	0.4	V	24.44	1.00	14.9
Solera		108.87	75.42	0.33	-2344.5					
Forjado unidireccional		51.32	151.87							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.97	64.47	0.45	-237.6	0.4	V	-65.56	0.60	14.2
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		9.57	64.47	0.45	-285.5	0.4	V	-155.56	1.00	56.5
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.93	64.47	0.45	-87.4	0.4	V	114.6	0.38	5.8
Forjado unidireccional		6.98	155.36							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		8.04	64.47	0.45	-239.6	0.4	V	NE(30)	0.91	9.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.56	64.47	0.45	-76.2	0.4	V	SO(-150)	0.69	10.4
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		10.71	64.47	0.45	-319.3	0.4	V	SE(120)	0.20	11.1
Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)		18.39	141.17	0.42	-519.4	0.6	H		0.78	166.4
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.79	64.47	0.45	-143.0	0.4	V	NO(-60)	1.00	12.9
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		16.22	64.47	0.45	-483.6	0.4	V	NE(30)	0.56	12.2
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		10.31	64.47	0.45	-307.4	0.4	V	SO(-150)	1.00	60.6
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		11.80	64.47	0.45	-351.8	0.4	V	SE(120)	1.00	62.2
Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)		27.35	141.17	0.42	-772.6	0.6	H		0.83	264.4
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.00	73.30	0.45	-176.9	0.4	V	-155.56	1.00	35.1
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.84	73.30	0.45	-142.6	0.4	V	114.65	1.00	24.4
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		1.96	73.30	0.45	-57.6	0.4	V	114.65	0.97	9.6
Tabique PYL 78/600(48) LM		10.51	13.10							
Forjado unidireccional		6.98	137.61							
Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, impermeabilización mediante láminas de PVC. (Forjado unidireccional)		54.96	141.09	0.43	-1589.0	0.6	H		1.00	651.7



	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	c (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.97	64.47	0.45	-178.2	0.4	V	24.44	1.00	6.9
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		3.29	64.47	0.45	-97.9	0.4	V	114.65	1.00	16.7
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		10.80	64.47	0.45	-321.9	0.4	V	114.65	1.00	55.0
Tabique PYL 78/600(48) LM		10.51	22.65							
Forjado unidireccional		51.32	78.63							
Forjado unidireccional		9.05	69.10							
Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, impermeabilización mediante láminas de PVC. (Forjado unidireccional)		20.50	20.20	0.31	-425.5	0.6	H		1.00	175.1
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.59	77.58	0.45	-194.5	0.4	V	-65.35	1.00	19.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.35	77.58	0.45	-364.0	0.4	V	24.44	1.00	14.0
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.88	77.58	0.45	-203.0	0.4	V	-65.35	1.00	20.2
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.86	77.58	0.45	-231.8	0.4	V	-65.35	1.00	23.1
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.35	77.58	0.45	-364.0	0.4	V	-155.56	1.00	72.2
Forjado unidireccional		5.67	79.11	1.52	-545.5					
					-12557.8					1901.4

donde:

S: Superficie del elemento.

c: Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

Q<sub>tr</sub>: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F<sub>sh,o</sub>: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.Q<sub>sol</sub>: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### 2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-39.6 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el 30.4% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-130.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	F <sub>f</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar													
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		1.08	3.30	0.42	5.70	-295.9	0.77	0.4	V	24.44	1.00	1.00	229.3
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		1.92	3.30	0.29	5.70	-487.4	0.77	0.4	V	-65.35	0.82	1.00	637.3
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		0.96	3.30	0.36	5.70	-254.8	0.77	0.4	V	-65.35	0.76	1.00	268.5
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		3.78	3.30	0.21	5.70	-914.9	0.77	0.4	V	-155.56	0.86	1.00	2270.4
Puerta de entrada a la vivienda, acorazada		1.74		1.00	3.00	-331.8		0.6	V	SE(120)	0.00	0.31	32.5
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		3.78	3.30	0.21	5.70	-914.9	0.77	0.4	V	SO(-150)	0.86	0.77	1752.9
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		5.25	3.30	0.18	5.70	-1242.3	0.77	0.4	V	SO(-150)	0.86	1.00	3275.4
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		1.08	3.30	0.42	5.70	-295.9	0.77	0.4	V	-155.56	0.59	1.00	353.4
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		1.08	3.30	0.42	5.70	-295.9	0.77	0.4	V	24.44	1.00	1.00	229.1





	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/(m <sup>2</sup> ·K))	F <sub>r</sub> (%)	U <sub>r</sub> (W/(m <sup>2</sup> ·K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh/año)	g <sub>gl</sub>	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh/año)
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		1.92	3.30	0.29	5.70	-487.4	0.77	0.4	V	114.65	0.74	1.00	821.9
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		3.78	3.30	0.21	5.70	-914.9	0.77	0.4	V	114.65	0.86	0.99	2031.8
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		1.92	3.30	0.29	5.70	-487.4	0.77	0.4	V	-65.35	0.82	1.00	637.0
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		0.96	3.30	0.36	5.70	-254.8	0.77	0.4	V	-65.35	0.76	1.00	268.4
Doble acristalamiento Aislaglas "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 4/6/4		1.92	3.30	0.29	5.70	-487.4	0.77	0.4	V	-65.35	0.82	1.00	637.2
						-7665.8							13445.0

donde:

S: Superficie del elemento.

U<sub>g</sub>: Transmitancia térmica de la parte translúcida.F<sub>r</sub>: Fracción de parte opaca del elemento ligero.U<sub>r</sub>: Transmitancia térmica de la parte opaca.Q<sub>r</sub>: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.g<sub>gl</sub>: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F<sub>sh,gl</sub>: Valor medio anual del factor reductor de sombreamiento para dispositivos de sombra móviles.F<sub>sh,o</sub>: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.Q<sub>sol</sub>: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### 2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-25.9 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el 19.9% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-130.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-90.9 kWh/(m<sup>2</sup>·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el 28.5%.

	Tipo	L (m)	γ (W/(m·K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh/año)
Vivienda unifamiliar				
Esquina entrante		2.33	-0.162	25.0
Esquina saliente		4.95	0.093	-30.6
Suelo en contacto con el terreno		54.36	0.346	-1246.3
Frente de forjado		2.06	0.413	-56.3
Frente de forjado		3.73	0.319	-78.8
Esquina saliente		20.76	0.090	-124.3
Esquina entrante		20.74	-0.160	219.8
Frente de forjado		14.13	0.556	-521.1
Frente de forjado		3.44	0.512	-116.9
Frente de forjado		2.63	0.407	-71.1
Esquina entrante		2.59	-0.163	27.9
Cubierta plana		27.15	0.658	-1182.8
Frente de forjado		3.44	0.342	-78.2
Cubierta plana		1.71	0.651	-73.6
Cubierta plana		3.44	0.649	-147.8
Frente de forjado		3.73	0.440	-108.8
Cubierta plana		10.15	0.466	-313.6
Esquina saliente		5.19	0.097	-33.4





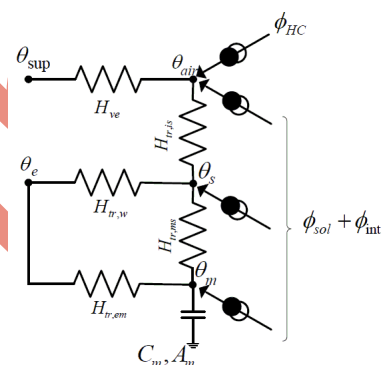
	Tipo	L (m)	y (W/(m·K))	$\dot{a}Q_{ir}$ (kWh/año)
Frente de forjado		14.13	0.287	-268.7
Cubierta plana		19.60	0.641	-832.8
				-5012.4

donde:

- L: Longitud del puente térmico lineal.
- y: Transmitancia térmica lineal del puente térmico.
- n: Número de puentes térmicos puntuales.
- X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.
- $Q_{ir}$ : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

## 2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (vestimentado de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	2
1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.....	2
1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.....	2
1.3.- Resultados mensuales.....	2
1.3.1.- Balance energético anual del edificio.....	2
1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.....	4
1.3.3.- Evolución de la temperatura.....	5
2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	5
2.1.- Zonificación climática.....	5
2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.....	5
2.2.1.- Agrupaciones de recintos.....	5
2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.....	6
2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.....	7
2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.....	7
2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.....	8
2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.....	9
2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.....	10



## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{\text{cal,edificio}} = 46.30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 38.1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

- $D_{\text{cal,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.  
 $S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 180.44 m<sup>2</sup>.

$$D_{\text{ref,edificio}} = 12.18 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{ref,lim}} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

- $D_{\text{ref,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{\text{cal}}$ (kWh/año)	$D_{\text{cal}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{cal,base}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{\text{ref}}$ (kWh/año)	$D_{\text{ref}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{ref,lim}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	180.44	8353.6	46.3	27	2000	38.1	2198.2	12.2	15.0
	180.44	8353.6	46.3	27	2000	38.1	2198.2	12.2	15.0

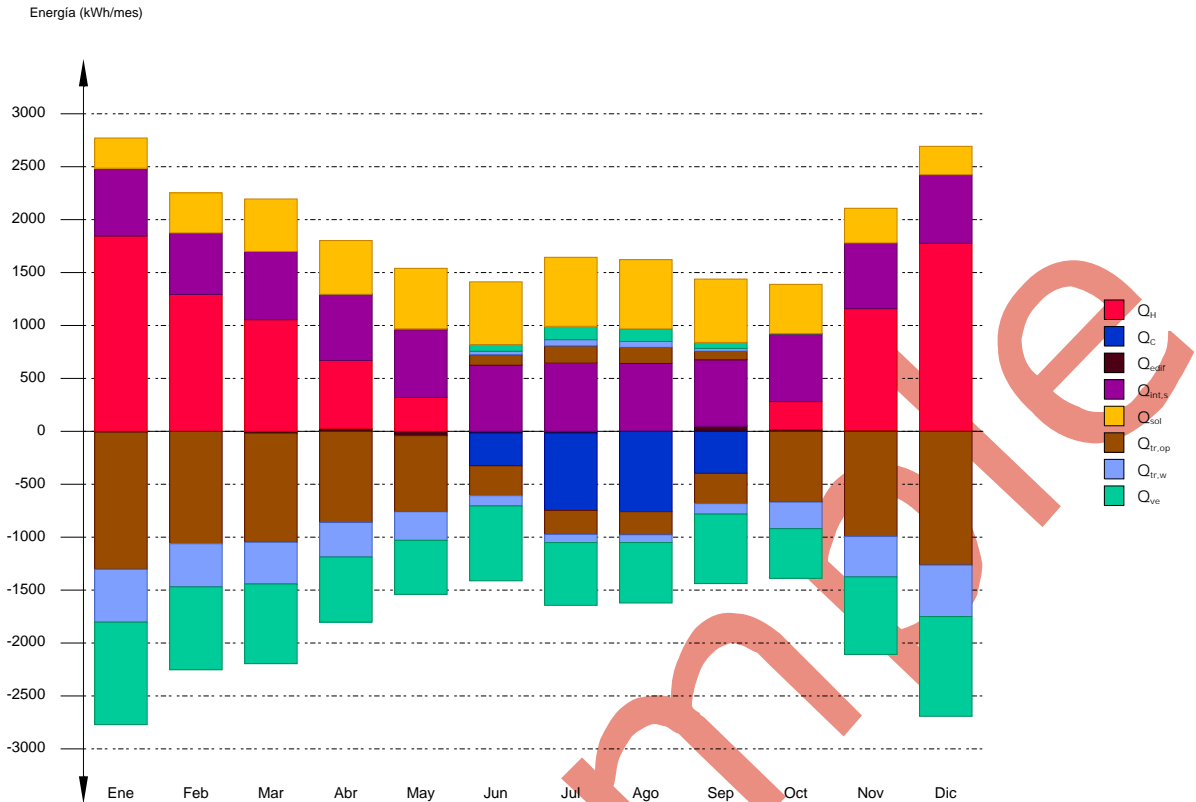
donde:

- $S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.  
 $D_{\text{cal}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.  
 $D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $D_{\text{ref}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.3.- Resultados mensuales.

#### 1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ( $Q_{\text{tr,op}}$  y  $Q_{\text{tr,wl}}$  respectivamente), la energía intercambiada por ventilación ( $Q_{\text{ve}}$ ), la ganancia interna sensible neta ( $Q_{\text{int,s}}$ ), la ganancia solar neta ( $Q_{\text{sol}}$ ), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio ( $Q_{\text{edif}}$ ), y el aporte necesario de calefacción ( $Q_{\text{H}}$ ) y refrigeración ( $Q_{\text{C}}$ ).



Procedimiento por un área educativa de CYPE

En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año (kWh /año) (kWh/ (m²·a))	
Balance energético anual del edificio.														
$Q_{tr,op}$	--	--	--	0.3	5.1	99.2	162.6	152.0	80.3	1.4	--	--	-8407.2	-46.6
$Q_{tr,w}$	-1296.2	-1061.5	-1031.6	-861.5	-718.8	-282.7	-226.6	-217.9	-285.8	-668.2	-994.0	-1263.3	-3187.9	-17.7
$Q_{ve}$	--	--	--	--	1.9	64.1	126.0	118.8	56.5	0.2	--	--	-7934.0	-44.0
$Q_{int,s}$	642.7	583.5	646.5	626.8	642.7	626.8	646.5	642.7	630.7	642.7	622.9	650.4	7577.3	42.0
$Q_{sol}$	287.4	381.4	499.7	511.2	575.3	596.1	656.7	659.0	602.8	468.9	330.1	269.9	5796.5	32.1
$Q_{edif}$	-7.5	-0.4	-16.1	23.0	-40.6	-14.9	-15.3	0.8	47.5	14.8	7.7	0.8		
$Q_H$	1845.5	1293.0	1054.8	646.6	320.4	--	--	--	--	266.2	1151.2	1775.8	8353.6	46.3
$Q_c$	--	--	--	--	--	-310.3	-731.9	-758.9	-397.1	--	--	--	-2198.2	-12.2
$Q_{HC}$	1845.5	1293.0	1054.8	646.6	320.4	310.3	731.9	758.9	397.1	266.2	1151.2	1775.8	10551.8	58.5

donde:

$Q_{tr,op}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{tr,w}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{ve}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{int,s}$ : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{sol}$ : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{edif}$ : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m<sup>2</sup>·año).



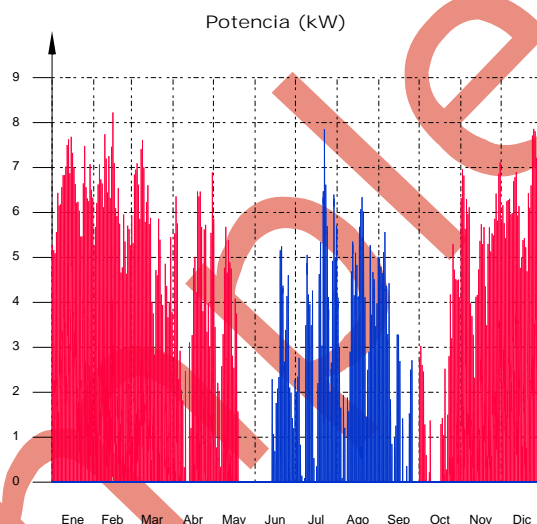
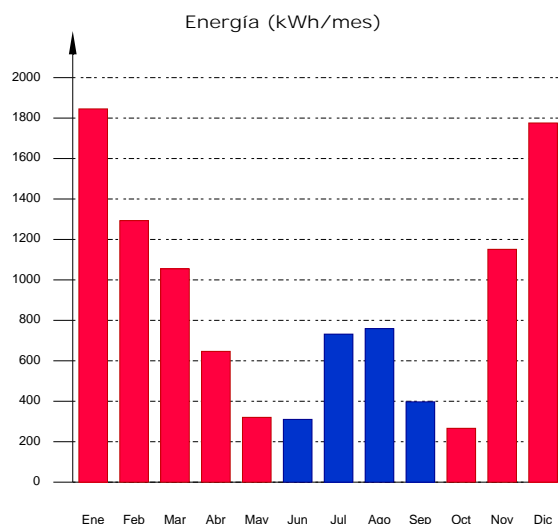
$Q_H$ : Energía aportada de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_C$ : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

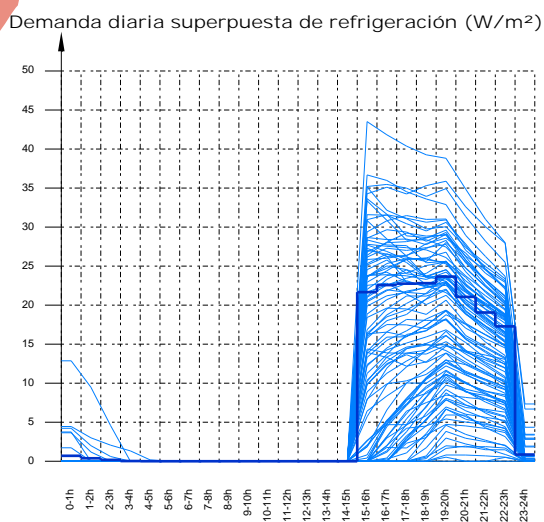
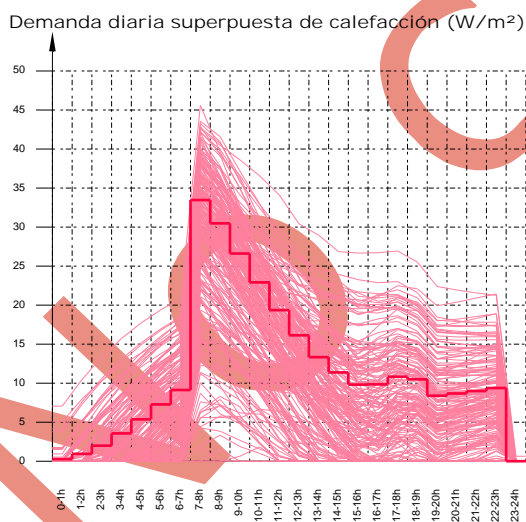
$Q_{HC}$ : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m <sup>2</sup> )	Demanda típica por día activo (kWh/m <sup>2</sup> )
Calefacción	243	221	3553	16	13.03	0.2095
Refrigeración	97	97	750	7	16.24	0.1256

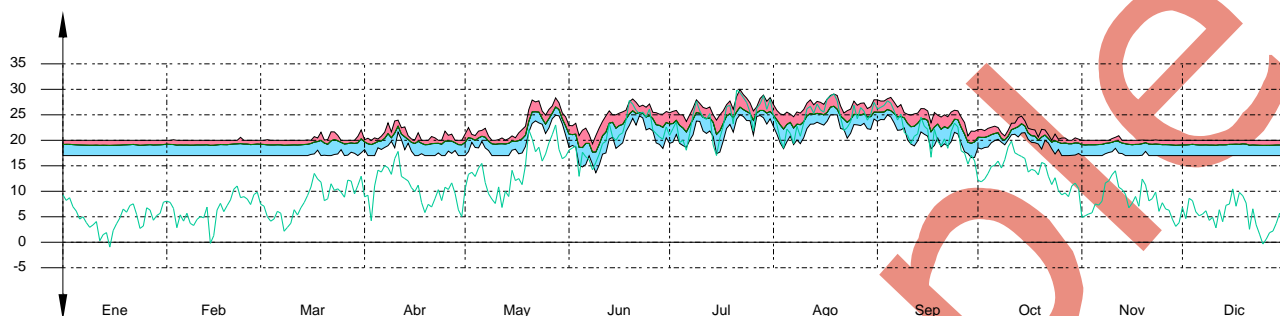


### 1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo, junto a la temperatura exterior media diaria:

Vivienda unifamiliar

Temperatura (°C)



## 2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

### 2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Lleida (provincia de Lleida), con una altura sobre el nivel del mar de 155 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática D3. La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

### 2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

#### 2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus condiciones operacionales conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su acondicionamiento térmico, y sus solicitaciones interiores debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	b <sub>ve</sub>	ren <sub>h</sub> (1/h)	SQ <sub>ocup.s</sub> (kWh/año)	SQ <sub>equip</sub> (kWh/año)	SQ <sub>ilum</sub> (kWh/año)	T° calef. media (°C)	T° refrig. media (°C)
Vivienda unifamiliar (Zona habitable, Perfil: Residencial)									
Baño 1	8.47	19.70	1.00	0.63	112.1	122.4	122.4	19.0	26.0
Sala - Comedor	33.88	87.86	1.00	0.63	448.6	489.8	489.8	19.0	26.0
Cocina	14.55	37.73	1.00	0.63	192.7	210.4	210.4	19.0	26.0
Pasillo	8.37	21.71	1.00	0.63	110.8	121.0	121.0	19.0	26.0
Recibidor	19.14	44.00	1.00	0.63	253.3	276.6	276.6	19.0	26.0
Dormitorio 1	25.29	57.96	1.00	0.63	334.8	365.5	365.5	19.0	26.0
Baño 2	6.24	14.50	1.00	0.63	82.6	90.1	90.1	19.0	26.0
Distribuidor	19.03	43.62	1.00	0.63	252.0	275.1	275.1	19.0	26.0
Dormitorio 2	14.64	33.56	1.00	0.63	193.8	211.6	211.6	19.0	26.0
Dormitorio 3	14.01	32.10	1.00	0.63	185.4	202.4	202.4	19.0	26.0
Dormitorio 4	16.82	38.55	1.00	0.63	222.7	243.1	243.1	19.0	26.0
	180.44	431.30	1.00	0.63/1.009*/4**	2388.7	2608.0	2608.0	19.0	26.0

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m<sup>2</sup>.

V: Volumen interior neto del recinto, m<sup>3</sup>.



- $b_{ve}$ : Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a  $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot h_{tru})$ , donde  $h_{tru}$  es el rendimiento de la unidad de recuperación y  $f_{ve,frac}$  es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.
- $ren_h$ : Número de renovaciones por hora del aire del recinto.
- \*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas y los periodos de 'free cooling'.
- \*\*: Valor nominal del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable en régimen de 'free cooling' (ventilación natural nocturna en las noches de verano).
- $Q_{ocup,s}$ : Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{equip}$ : Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{lum}$ : Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $T^{\circ} \text{ calef. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.
- $T^{\circ} \text{ refriger. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

## 2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
<b>Perfil: Residencial (uso residencial)</b>																									
<b>Temp. Consigna Alta (°C)</b>																									
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temp. Consigna Baja (°C)</b>																									
Enero a Mayo		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																									
Laboral		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>																									
Laboral		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
<b>Iluminación (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Equipos (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Ventilación verano</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ventilación invierno</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

- \*: Número de renovaciones correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3.



## 2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

### 2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-33.0 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el 51.4% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-64.3 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	c (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar										
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.07	25.09	0.16	-53.5	0.4	V	24.44	1.00	2.1
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.14	25.09	0.16	-43.7	0.4	V	114.62	0.75	5.6
Tabique PYL 78/600(48) LM		146.61	13.05							
Solera		8.47	145.31	0.34	-187.3					
Forjado unidireccional		8.21	21.67							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		14.91	15.67	0.16	-157.4	0.4	V	-65.35	1.00	15.7
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.18	15.67	0.16	-65.3	0.4	V	-155.56	0.36	4.7
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.60	15.67	0.16	-133.1	0.4	V	24.44	1.00	5.1
Solera		101.23	75.42	0.33	-2171.4					
Forjado unidireccional		48.13	151.87							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.59	15.67	0.16	-80.2	0.4	V	-65.56	0.60	4.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		8.82	15.67	0.16	-93.2	0.4	V	-155.56	1.00	18.5
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.97	15.67	0.16	-31.4	0.4	V	114.6	0.38	2.1
Forjado unidireccional		6.24	155.36							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.67	15.67	0.16	-80.9	0.4	V	NE(30)	0.96	3.5
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.63	15.67	0.16	-27.8	0.4	V	SO(-150)	0.69	3.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		10.78	15.67	0.16	-113.8	0.4	V	SE(120)	0.21	4.3
Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)		16.97	14.17	0.13	-149.3	0.6	H		0.78	47.7
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.83	15.67	0.16	-50.9	0.4	V	NO(-60)	1.00	4.6
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		15.94	15.67	0.16	-168.3	0.4	V	NE(30)	0.56	4.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		9.85	15.67	0.16	-104.0	0.4	V	SO(-150)	1.00	20.6
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		11.11	15.67	0.16	-117.3	0.4	V	SE(120)	1.00	20.8
Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)		25.29	14.17	0.13	-222.5	0.6	H		0.83	75.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.66	25.09	0.16	-59.7	0.4	V	-155.56	1.00	11.9
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.87	25.09	0.16	-51.4	0.4	V	114.65	1.00	8.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		1.59	25.09	0.16	-16.7	0.4	V	114.65	0.97	2.8
Tabique PYL 78/600(48) LM		10.10	13.10							
Forjado unidireccional		6.24	137.61							
Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, impermeabilización mediante láminas de PVC. (Forjado unidireccional)		70.73	14.17	0.13	-622.3	0.6	H		1.00	254.3





	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	c (kJ/ (m <sup>2</sup> .K))	U (W/ (m <sup>2</sup> .K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.59	15.67	0.16	-59.1	0.4	V	24.44	1.00	2.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.90	15.67	0.16	-30.7	0.4	V	114.65	1.00	5.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		10.80	15.67	0.16	-114.0	0.4	V	114.65	1.00	19.5
Tabique PYL 78/600(48) LM		10.10	22.65							
Forjado unidireccional		48.14	78.63							
Forjado unidireccional		8.21	69.10							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.30	15.67	0.16	-66.6	0.4	V	-65.35	1.00	6.6
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.07	15.67	0.16	-127.5	0.4	V	24.44	1.00	4.9
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.93	15.67	0.16	-73.2	0.4	V	-65.35	1.00	7.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.58	15.67	0.16	-80.0	0.4	V	-65.35	1.00	8.0
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.07	15.67	0.16	-127.5	0.4	V	-155.56	1.00	25.4
Forjado unidireccional		5.06	79.11	1.52	-481.7					
					-5961.7					601.1

donde:

S: Superficie del elemento.

c: Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

Q<sub>tr</sub>: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F<sub>sh,o</sub>: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.Q<sub>sol</sub>: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### 2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-17.7 kWh/(m<sup>2</sup>.año)) supone el 27.5% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-64.3 kWh/(m<sup>2</sup>.año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> .K))	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> .K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar													
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.08	1.10	0.66	2.20	-127.2	0.38	0.4	V	24.44	1.00	1.00	69.0
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-191.1	0.38	0.4	V	-65.35	0.82	1.00	267.5
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		0.96	1.10	0.50	2.20	-102.3	0.38	0.4	V	-65.35	0.76	1.00	106.1
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		3.78	1.10	0.31	2.20	-350.6	0.38	0.4	V	-155.56	0.74	1.00	860.2
Puerta de entrada a la vivienda, acorazada		1.74		1.00	3.00	-337.2		0.6	V	SE(120)	0.00	0.32	33.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		3.78	1.10	0.31	2.20	-350.6	0.38	0.4	V	SO(-150)	0.74	0.77	663.2
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		5.04	1.10	0.25	2.20	-448.3	0.38	0.4	V	SO(-150)	0.79	1.00	1303.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.08	1.10	0.66	2.20	-127.2	0.38	0.4	V	-155.56	0.56	1.00	109.1



	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	āQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	āQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.08	1.10	0.66	2.20	-127.2	0.38	0.4	V	24.44	1.00	1.00	69.0
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-191.1	0.38	0.4	V	114.65	0.74	1.00	346.0
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		3.78	1.10	0.31	2.20	-350.6	0.38	0.4	V	114.65	0.74	0.99	769.4
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-191.1	0.38	0.4	V	-65.35	0.82	1.00	267.3
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		0.96	1.10	0.50	2.20	-102.3	0.38	0.4	V	-65.35	0.76	1.00	106.1
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-191.1	0.38	0.4	V	-65.35	0.82	1.00	267.4
						-3187.9							5237.5

donde:

S: Superficie del elemento.

U<sub>g</sub>: Transmitancia térmica de la parte translúcida.F<sub>F</sub>: Fracción de parte opaca del elemento ligero.U<sub>f</sub>: Transmitancia térmica de la parte opaca.Q<sub>tr</sub>: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.g<sub>gl</sub>: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F<sub>sh,gl</sub>: Valor medio anual del factor reductor de sombreado para dispositivos de sombra móviles.F<sub>sh,o</sub>: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.Q<sub>sol</sub>: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### 2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-13.6 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el 21.1% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-64.3 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-46.6 kWh/(m<sup>2</sup>·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el 29.1%.

	Tipo	L (m)	γ (W/(m·K))	āQ <sub>tr</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar				
Esquina entrante		4.93	-0.068	22.3
Esquina saliente		4.97	0.028	-9.2
Suelo en contacto con el terreno		51.77	0.346	-1182.2
Frente de forjado		1.91	0.413	-52.2
Frente de forjado		3.44	0.193	-43.8
Esquina saliente		26.42	0.028	-48.0
Esquina entrante		19.24	-0.068	85.8
Frente de forjado		13.58	0.452	-404.8
Frente de forjado		3.15	0.412	-85.7
Frente de forjado		2.63	0.407	-70.8
Cubierta plana		56.90	0.071	-267.9
Frente de forjado		3.15	0.297	-61.8
Cubierta plana		3.15	0.072	-15.0



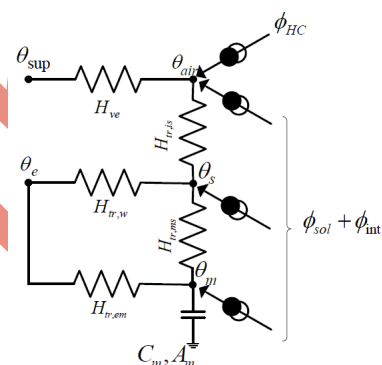
	Tipo	L (m)	y (W/(m·K))	$\dot{a}Q_{ir}$ (kWh/año)
Frente de forjado		3.44	0.402	-91.3
Frente de forjado		13.58	0.246	-220.9
				-2445.4

donde:

- L: Longitud del puente térmico lineal.
- y: Transmitancia térmica lineal del puente térmico.
- n: Número de puentes térmicos puntuales.
- X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.
- $Q_{ir}$ : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

## 2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (vestimentado de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.....	2
1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.....	2
1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.....	2
1.3.- Resultados mensuales.....	2
1.3.1.- Balance energético anual del edificio.....	2
1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.....	4
1.3.3.- Evolución de la temperatura.....	5
2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.....	5
2.1.- Zonificación climática.....	5
2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.....	5
2.2.1.- Agrupaciones de recintos.....	5
2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.....	6
2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.....	7
2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.....	7
2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.....	8
2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.....	9
2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.....	10



## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{\text{cal,edificio}} = 53.67 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 38.1 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{\text{cal,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 180.44 m<sup>2</sup>.

$$D_{\text{ref,edificio}} = 8.11 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{ref,lim}} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{\text{ref,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{\text{cal}}$ (kWh/año)	$D_{\text{cal}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{cal,base}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{\text{ref}}$ (kWh/año)	$D_{\text{ref}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{ref,lim}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	180.44	9683.5	53.7	27	2000	38.1	1463.5	8.1	15.0
	180.44	9683.5	53.7	27	2000	38.1	1463.5	8.1	15.0

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{\text{cal}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

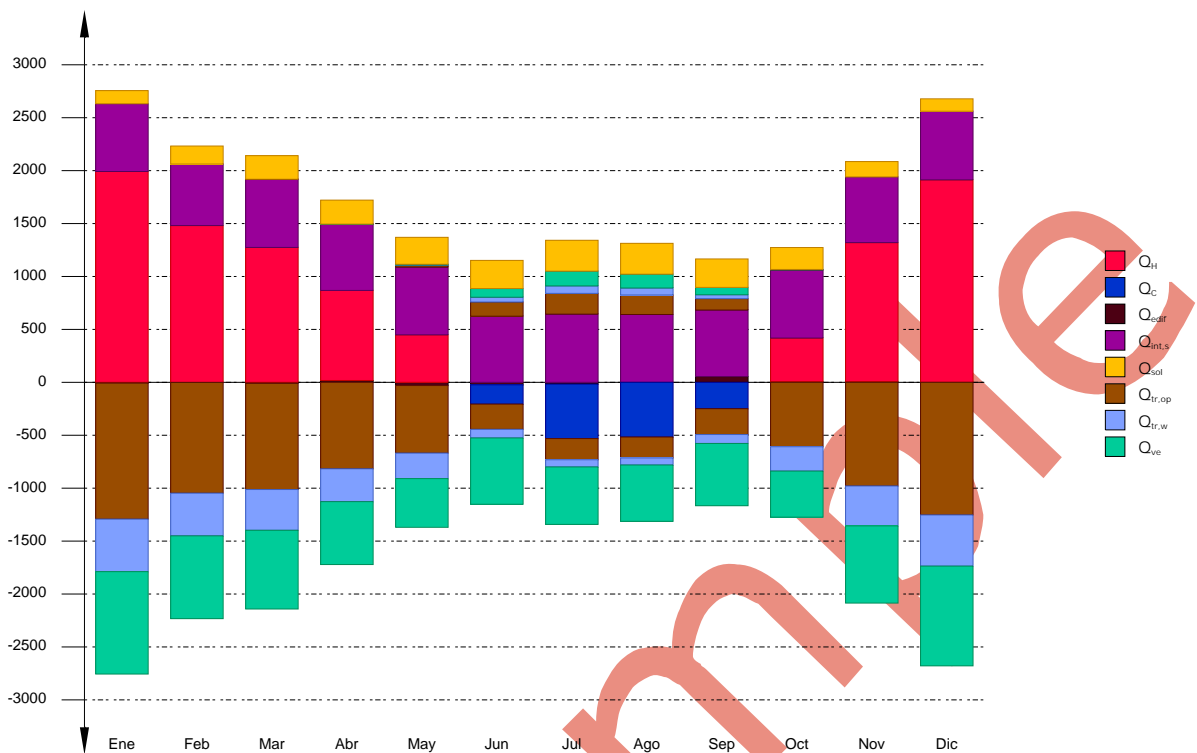
### 1.3.- Resultados mensuales.

#### 1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ( $Q_{\text{tr,op}}$  y  $Q_{\text{tr,wl}}$  respectivamente), la energía intercambiada por ventilación ( $Q_{\text{ve}}$ ), la ganancia interna sensible neta ( $Q_{\text{int,s}}$ ), la ganancia solar neta ( $Q_{\text{sol}}$ ), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio ( $Q_{\text{edif}}$ ), y el aporte necesario de calefacción ( $Q_{\text{H}}$ ) y refrigeración ( $Q_{\text{C}}$ ).



Energía (kWh/mes)



Proyecto de final de carrera

En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

													Año	
													(kWh /año)	(kWh/ (m²·a))
Balance energético anual del edificio.														
Q <sub>tr,op</sub>	--	--	0.1	1.4	14.9	134.3	196.2	184.1	107.6	4.9	--	--	-7866.6	-43.6
	-1285.1	-1046.5	-1002.8	-816.7	-638.4	-238.3	-200.2	-197.4	-244.2	-608.4	-979.1	-1252.9		
Q <sub>tr,w</sub>	--	--	--	0.3	4.3	45.1	70.6	66.2	36.9	1.1	--	--	-3002.6	-16.6
	-496.1	-403.2	-385.2	-310.4	-241.0	-81.4	-68.0	-66.9	-84.4	-230.1	-376.9	-483.5		
Q <sub>ve</sub>	--	--	--	0.4	6.9	82.3	139.1	130.3	69.3	1.5	--	--	-7514.5	-41.6
	-967.5	-782.2	-743.6	-594.4	-460.2	-626.4	-542.6	-532.1	-588.3	-435.2	-729.6	-942.2		
Q <sub>int,s</sub>	642.7	583.5	646.5	626.8	642.7	626.8	646.5	642.7	630.7	642.7	622.9	650.4	7577.3	42.0
	-2.3	-2.1	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.3	-2.2	-2.3		
Q <sub>sol</sub>	124.7	171.4	224.3	228.2	256.6	267.7	294.1	293.8	270.9	208.9	146.0	118.5	2586.4	14.3
	-0.9	-1.2	-1.6	-1.6	-1.9	-1.9	-2.1	-2.1	-2.0	-1.5	-1.1	-0.9		
Q <sub>edif</sub>	-7.3	-0.8	-9.8	17.4	-30.4	-23.1	-16.3	0.6	54.7	6.8	7.0	1.2		
Q <sub>H</sub>	1991.9	1481.2	1274.5	850.9	448.8	--	--	--	--	411.6	1313.0	1911.7	9683.5	53.7
Q <sub>c</sub>	--	--	--	--	--	-182.8	-515.0	-516.8	-248.9	--	--	--	-1463.5	-8.1
Q <sub>HC</sub>	1991.9	1481.2	1274.5	850.9	448.8	182.8	515.0	516.8	248.9	411.6	1313.0	1911.7	11147.0	61.8

donde:

Q<sub>tr,op</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>tr,w</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>ve</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>int,s</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>sol</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

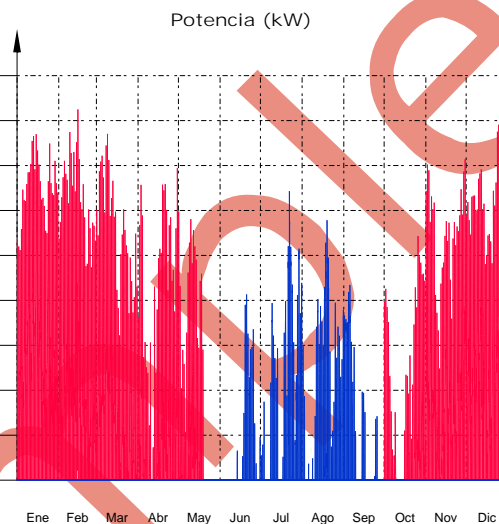
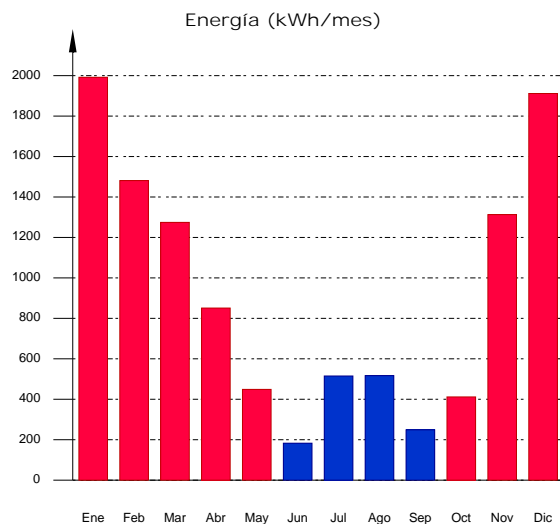
Q<sub>edif</sub>: Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m<sup>2</sup>·año).



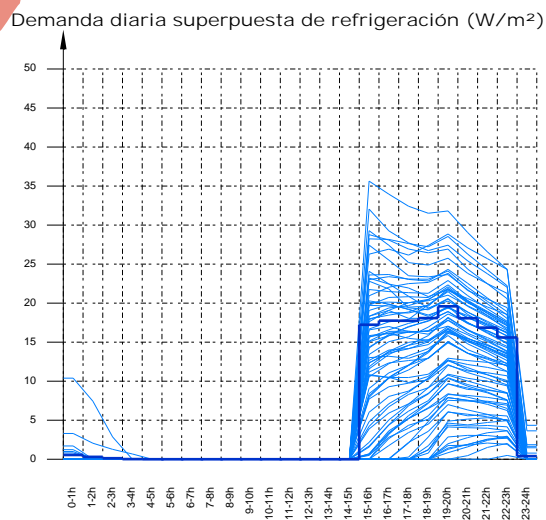
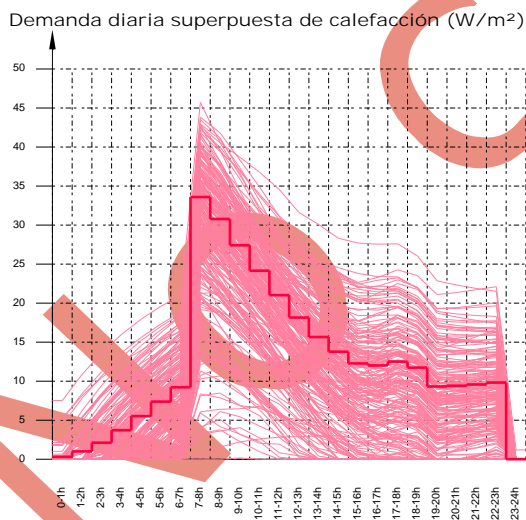
- $Q_H$ : Energía aportada de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $Q_C$ : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $Q_{HC}$ : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m²)	Demanda típica por día activo (kWh/m²)
Calefacción	235	225	3885	17	13.81	0.2385
Refrigeración	79	78	586	7	13.84	0.1040



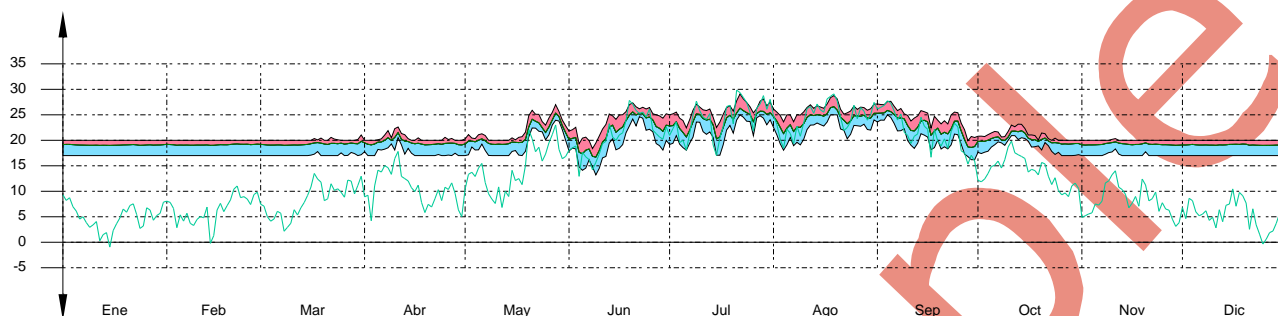


### 1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo, junto a la temperatura exterior media diaria:

Vivienda unifamiliar

Temperatura (°C)



## 2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

### 2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de Lleida (provincia de Lleida), con una altura sobre el nivel del mar de 155 m. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática D3. La pertenencia a dicha zona climática define las solicitaciones exteriores para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

### 2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

#### 2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus condiciones operacionales conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su acondicionamiento térmico, y sus solicitaciones interiores debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	b <sub>ve</sub>	ren <sub>h</sub> (1/h)	SQ <sub>ocup.s</sub> (kWh/año)	SQ <sub>equip</sub> (kWh/año)	SQ <sub>ilum</sub> (kWh/año)	T° calef. media (°C)	T° refrig. media (°C)
Vivienda unifamiliar (Zona habitable, Perfil: Residencial)									
Baño 1	8.47	19.70	1.00	0.63	112.1	122.4	122.4	19.0	26.0
Sala - Comedor	33.88	87.86	1.00	0.63	448.6	489.8	489.8	19.0	26.0
Cocina	14.55	37.73	1.00	0.63	192.7	210.4	210.4	19.0	26.0
Pasillo	8.37	21.71	1.00	0.63	110.8	121.0	121.0	19.0	26.0
Recibidor	19.14	44.00	1.00	0.63	253.3	276.6	276.6	19.0	26.0
Dormitorio 1	25.29	57.96	1.00	0.63	334.8	365.5	365.5	19.0	26.0
Baño 2	6.24	14.50	1.00	0.63	82.6	90.1	90.1	19.0	26.0
Distribuidor	19.03	43.62	1.00	0.63	252.0	275.1	275.1	19.0	26.0
Dormitorio 2	14.64	33.56	1.00	0.63	193.8	211.6	211.6	19.0	26.0
Dormitorio 3	14.01	32.10	1.00	0.63	185.4	202.4	202.4	19.0	26.0
Dormitorio 4	16.82	38.55	1.00	0.63	222.7	243.1	243.1	19.0	26.0
	180.44	431.30	1.00	0.63/1.009*/4**	2388.7	2608.0	2608.0	19.0	26.0

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m<sup>2</sup>.

V: Volumen interior neto del recinto, m<sup>3</sup>.





- $b_{ve}$ : Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a  $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot h_{tru})$ , donde  $h_{tru}$  es el rendimiento de la unidad de recuperación y  $f_{ve,frac}$  es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.
- $ren_h$ : Número de renovaciones por hora del aire del recinto.
- \*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas y los periodos de 'free cooling'.
- \*\*: Valor nominal del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable en régimen de 'free cooling' (ventilación natural nocturna en las noches de verano).
- $Q_{ocup,s}$ : Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{equip}$ : Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{lum}$ : Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $T^{\circ} \text{ calef. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.
- $T^{\circ} \text{ refriger. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

### 2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
<b>Perfil: Residencial (uso residencial)</b>																									
<b>Temp. Consigna Alta (°C)</b>																									
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temp. Consigna Baja (°C)</b>																									
Enero a Mayo		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																									
Laboral		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>																									
Laboral		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
<b>Iluminación (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Equipos (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Ventilación verano</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ventilación invierno</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

- \*: Número de renovaciones correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3.



## 2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

### 2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-30.9 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el 51.3% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-60.2 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	c (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar										
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.07	25.09	0.16	-50.1	0.4	V	24.44	1.00	2.1
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.14	25.09	0.16	-40.9	0.4	V	114.62	0.75	5.6
Tabique PYL 78/600(48) LM		146.61	13.05							
Solera		8.47	145.31	0.34	-175.3					
Forjado unidireccional		8.21	21.67							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		14.91	15.67	0.16	-147.4	0.4	V	-65.35	1.00	15.7
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.18	15.67	0.16	-61.1	0.4	V	-155.56	0.36	4.7
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.60	15.67	0.16	-124.5	0.4	V	24.44	1.00	5.1
Solera		101.23	75.42	0.33	-2032.3					
Forjado unidireccional		48.13	151.87							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.59	15.67	0.16	-75.1	0.4	V	-65.56	0.60	4.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		8.82	15.67	0.16	-87.2	0.4	V	-155.56	1.00	18.5
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.97	15.67	0.16	-29.4	0.4	V	114.6	0.38	2.1
Forjado unidireccional		6.24	155.36							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.67	15.67	0.16	-75.8	0.4	V	NE(30)	0.96	3.5
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.63	15.67	0.16	-26.0	0.4	V	SO(-150)	0.69	3.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		10.78	15.67	0.16	-106.5	0.4	V	SE(120)	0.21	4.3
Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)		16.97	14.17	0.13	-139.9	0.6	H		0.78	47.7
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.83	15.67	0.16	-47.7	0.4	V	NO(-60)	1.00	4.6
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		15.94	15.67	0.16	-157.5	0.4	V	NE(30)	0.56	4.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		9.85	15.67	0.16	-97.4	0.4	V	SO(-150)	1.00	20.6
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		11.11	15.67	0.16	-109.8	0.4	V	SE(120)	1.00	20.8
Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, impermeabilización mediante láminas asfálticas. (Forjado unidireccional)		25.29	14.17	0.13	-208.5	0.6	H		0.83	75.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.66	25.09	0.16	-55.9	0.4	V	-155.56	1.00	11.9
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		4.87	25.09	0.16	-48.1	0.4	V	114.65	1.00	8.8
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		1.59	25.09	0.16	-15.7	0.4	V	114.65	0.97	2.8
Tabique PYL 78/600(48) LM		10.10	13.10							
Forjado unidireccional		6.24	137.61							
Cubierta plana no transitable, no ventilada, con grava, impermeabilización mediante láminas de PVC. (Forjado unidireccional)		70.73	14.17	0.13	-583.3	0.6	H		1.00	254.3



	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	c (kJ/ (m <sup>2</sup> .K))	U (W/ (m <sup>2</sup> .K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		5.59	15.67	0.16	-55.3	0.4	V	24.44	1.00	2.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		2.90	15.67	0.16	-28.7	0.4	V	114.65	1.00	5.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		10.80	15.67	0.16	-106.7	0.4	V	114.65	1.00	19.5
Tabique PYL 78/600(48) LM		10.10	22.65							
Forjado unidireccional		48.14	78.63							
Forjado unidireccional		8.21	69.10							
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.30	15.67	0.16	-62.3	0.4	V	-65.35	1.00	6.6
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.07	15.67	0.16	-119.3	0.4	V	24.44	1.00	4.9
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		6.93	15.67	0.16	-68.5	0.4	V	-65.35	1.00	7.3
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		7.58	15.67	0.16	-74.9	0.4	V	-65.35	1.00	8.0
Fachada revestida con mortero monocapa, de dos hojas de fábrica, con cámara de aire no ventilada		12.07	15.67	0.16	-119.3	0.4	V	-155.56	1.00	25.4
Forjado unidireccional		5.06	79.11	1.52	-447.4					
					-5577.7					601.1

donde:

S: Superficie del elemento.

c: Capacidad calorífica por superficie del elemento.

U: Transmitancia térmica del elemento.

Q<sub>tr</sub>: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F<sub>sh,o</sub>: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.Q<sub>sol</sub>: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### 2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-16.6 kWh/(m<sup>2</sup>.año)) supone el 27.6% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-60.2 kWh/(m<sup>2</sup>.año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> .K))	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> .K))	âQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	âQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar													
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.08	1.10	0.66	2.20	-119.8	0.38	0.4	V	24.44	1.00	1.00	69.0
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-180.0	0.38	0.4	V	-65.35	0.12	1.00	49.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		0.96	1.10	0.50	2.20	-96.4	0.38	0.4	V	-65.35	0.11	1.00	21.8
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		3.78	1.10	0.31	2.20	-330.2	0.38	0.4	V	-155.56	0.33	1.00	405.4
Puerta de entrada a la vivienda, acorazada		1.74		1.00	3.00	-317.6		0.6	V	SE(120)	0.00	0.32	33.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		3.78	1.10	0.31	2.20	-330.2	0.38	0.4	V	SO(-150)	0.33	0.77	311.1
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		5.04	1.10	0.25	2.20	-422.3	0.38	0.4	V	SO(-150)	0.36	1.00	606.7
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.08	1.10	0.66	2.20	-119.8	0.38	0.4	V	-155.56	0.56	1.00	109.1



	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	āQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	a	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	āQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.08	1.10	0.66	2.20	-119.8	0.38	0.4	V	24.44	1.00	1.00	69.0
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-180.0	0.38	0.4	V	114.65	0.11	1.00	68.2
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		3.78	1.10	0.31	2.20	-330.2	0.38	0.4	V	114.65	0.11	0.99	139.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-180.0	0.38	0.4	V	-65.35	0.12	1.00	49.6
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		0.96	1.10	0.50	2.20	-96.4	0.38	0.4	V	-65.35	0.11	1.00	21.8
Doble acristalamiento LOW.S "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", LOW.S 6/14/6 Templa.lite Azur.lite color azul		1.92	1.10	0.40	2.20	-180.0	0.38	0.4	V	-65.35	0.12	1.00	49.6
						-3002.6							2004.0

donde:

S: Superficie del elemento.

U<sub>g</sub>: Transmitancia térmica de la parte translúcida.F<sub>F</sub>: Fracción de parte opaca del elemento ligero.U<sub>f</sub>: Transmitancia térmica de la parte opaca.Q<sub>tr</sub>: Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.g<sub>gl</sub>: Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

a: Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

I.: Inclinación de la superficie (elevación).

O.: Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

F<sub>sh,gl</sub>: Valor medio anual del factor reductor de sombreado para dispositivos de sombra móviles.F<sub>sh,o</sub>: Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.Q<sub>sol</sub>: Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

### 2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-12.7 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el 21.1% de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-60.2 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-43.6 kWh/(m<sup>2</sup>·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el 29.1%.

	Tipo	L (m)	γ (W/(m·K))	āQ <sub>tr</sub> (kWh /año)
Vivienda unifamiliar				
Esquina entrante		4.93	-0.068	20.8
Esquina saliente		4.97	0.028	-8.7
Suelo en contacto con el terreno		51.77	0.346	-1106.4
Frente de forjado		1.91	0.413	-48.8
Frente de forjado		3.44	0.193	-41.0
Esquina saliente		26.42	0.028	-44.9
Esquina entrante		19.24	-0.068	80.3
Frente de forjado		13.58	0.452	-378.9
Frente de forjado		3.15	0.412	-80.2
Frente de forjado		2.63	0.407	-66.3
Cubierta plana		56.90	0.071	-250.7
Frente de forjado		3.15	0.297	-57.8
Cubierta plana		3.15	0.072	-14.1



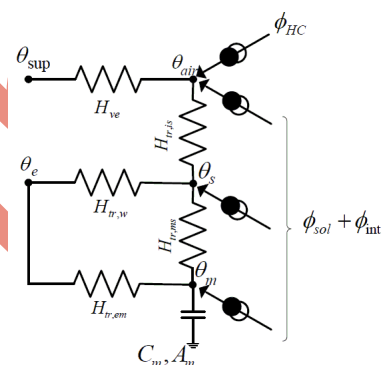
	Tipo	L (m)	y (W/(m·K))	$\dot{a}Q_{tr}$ (kWh/año)
Frente de forjado		3.44	0.402	-85.5
Frente de forjado		13.58	0.246	-206.7
				-2288.8

donde:

- L: Longitud del puente térmico lineal.
- y: Transmitancia térmica lineal del puente térmico.
- n: Número de puentes térmicos puntuales.
- X: Transmitancia térmica puntual del puente térmico.
- $Q_{tr}$ : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

## 2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (vestimentado de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

## **Anejo: Certificación energética**

---

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda unifamiliar		
Dirección	C/ Olivera 36		
Municipio	Lérida	Código Postal	25199
Provincia	Lleida	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	D3	Año construcción	2005
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	573794354		

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque               <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Mykhaylo Gusak	NIF(NIE)	412121412
Razón social	Estudiante	NIF	41241244
Domicilio	Avenida alcalde recasens 61		
Municipio	Lleida	Código Postal	25005
Provincia	Lleida	Comunidad Autónoma	Cataluña
e-mail:	mykhaylogusak@hotmail.com	Teléfono	666555777
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto técnico		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
495.2 G	104.2 G

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 27/08/2017

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:


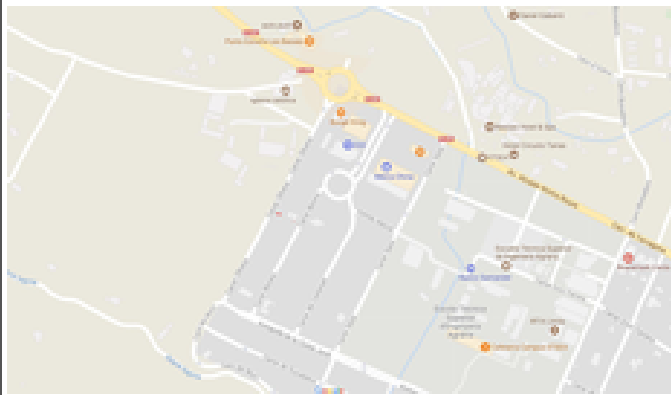
# ANEXO I

## DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m²]</b>	193.0
----------------------------------	-------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
Muro NO PB	Fachada	27.72	0.39	Conocidas
Muro NE PB	Fachada	31.62	0.39	Conocidas
Muro NE P1	Fachada	22.62	0.39	Conocidas
Muro NO P1	Fachada	25.8	0.39	Conocidas
Muro SE PB	Fachada	14.85	0.39	Conocidas
Muro SE P1	Fachada	24.9	0.39	Conocidas
Muro SO PB	Fachada	36.33	0.39	Conocidas
Muro SO P1	Fachada	22.62	0.39	Conocidas
Muro NO PB 2	Fachada	5.19	0.39	Conocidas
Terraza	Cubierta	83.0	0.36	Conocidas
Cubierta	Cubierta	89.61	0.37	Conocidas
Solera en contacto con terreno	Suelo	143.16	0.87	Estimadas
Particiones interiores PB	Partición Interior	26.26	0.56	Conocidas
Particiones interiores P1	Partición Interior	60.69	0.56	Conocidas
Muro SE PB 2	Fachada	15.75	0.39	Conocidas
Muro NE PB 2	Fachada	18.0	0.39	Conocidas



## Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco 1.6x1.2	Hueco	1.92	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 1.6x1.2 NO PB	Hueco	1.92	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 0.8x1.2 NO P1	Hueco	0.96	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 0.8x1.2 NO PB	Hueco	0.96	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x0.6 NE PB	Hueco	1.08	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x0.6 NE P1	Hueco	1.08	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x0.6 SO PB	Hueco	1.08	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x2.1 SO PB	Hueco	7.56	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x2.1 SE P1	Hueco	3.78	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 2.5x2.1 SO PB	Hueco	5.25	3.25	0.65	Conocido	Conocido
Hueco 1.6x1.2 NO P11	Hueco	3.84	3.25	0.65	Conocido	Conocido

## 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Condensación	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	800.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Condensación	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				



## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>&lt; 12.2 A</div><div>12.2-19.9 B</div><div>19.9-30.8 C</div><div>30.8-47.3 D</div><div>47.3-83.7 E</div><div>83.7-100.4 F</div><div>≥ 100.4 G</div></div>		CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]	F	Emisiones ACS [kgCO2/m² año]	G		
		68.08		33.35			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales [kgCO2/m² año]		Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]	B	Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]	-
				2.75		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	2.75	530.72
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	101.43	19575.87

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<div><div>&lt; 54.2 A</div><div>54.2-87.8 B</div><div>87.8-136.1 C</div><div>136.1-209.3 D</div><div>209.3-375.6 E</div><div>375.6-473.2 F</div><div>≥ 473.2 G</div></div>		CALEFACCIÓN		ACS			
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	F	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	G		
		321.50		157.47			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	C	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
				16.23		-	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>&lt; 28.9 A</div><div>28.9-46.8 B</div><div>46.8-72.6 C</div><div>72.6-111.6 D</div><div>111.6-178.3 E</div><div>178.3-208.6 F</div><div>≥ 208.6 G</div></div>	<div>167.0 E</div>	<div><div>&lt; 10.0 A</div><div>10.0-14.3 B</div><div>14.3-20.4 C</div><div>20.4-29.7 D</div><div>29.7-36.7 E</div><div>36.7-45.1 F</div><div>≥ 45.1 G</div></div>	<div>16.6 C</div>
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

**ANEXO III**  
**RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Apartado no definido**

## ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	27/08/2017
--	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR
--------------------------------------

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Vivienda unifamiliar		
Dirección	C/ Olivera 36		
Municipio	Lérida	Código Postal	25199
Provincia	Lleida	Comunidad Autónoma	Cataluña
Zona climática	D3	Año construcción	2005
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	CTE 2013		
Referencia/s catastral/es	573794354		

## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Mykhaylo Gusak	NIF(NIE)	123124125
Razón social	Estudiante	NIF	412412521
Domicilio	Avenida alcalde recasens 61		
Municipio	Lleida	Código Postal	25005
Provincia	Lleida	Comunidad Autónoma	Cataluña
e-mail:	mykhaylogusak@hotmail.com	Teléfono	666555777
Titulación habilitante según normativa vigente	Arquitecto técnico		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]
<div> <div>&lt; 54.2 A</div> <div>54.2-87.8 B</div> <div>87.8-136.1 C</div> <div>136.1-209.3 D</div> <div>209.3-375.6 E</div> <div>375.6-473.2 F</div> <div>≥ 473.2 G</div> </div>	<div> <div>&lt; 12.2 A</div> <div>12.2-19.9 B</div> <div>19.9-30.8 C</div> <div>30.8-47.3 D</div> <div>47.3-83.7 E</div> <div>83.7-100.4 F</div> <div>≥ 100.4 G</div> </div>
388.9 F	82.1 E

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 27/08/2017

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:


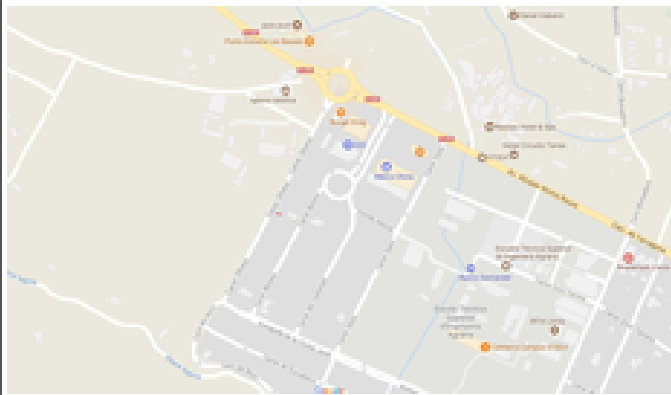
# ANEXO I

## DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

### 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m²]</b>	193.0
----------------------------------	-------

Imagen del edificio	Plano de situación
	

### 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Modo de obtención
Muro NO PB	Fachada	27.72	0.14	Conocidas
Muro NE PB	Fachada	31.62	0.14	Conocidas
Muro NE P1	Fachada	22.62	0.14	Conocidas
Muro NO P1	Fachada	25.8	0.14	Conocidas
Muro SE PB	Fachada	14.85	0.14	Conocidas
Muro SE P1	Fachada	24.9	0.14	Conocidas
Muro SO PB	Fachada	36.33	0.14	Conocidas
Muro SO P1	Fachada	22.62	0.14	Conocidas
Muro NO PB 2	Fachada	5.19	0.14	Conocidas
Terraza	Cubierta	83.0	0.10	Conocidas
Cubierta	Cubierta	89.61	0.10	Conocidas
Solera en contacto con terreno	Suelo	143.16	0.87	Estimadas
Particiones interiores PB	Partición Interior	26.26	0.56	Conocidas
Particiones interiores P1	Partición Interior	60.69	0.56	Conocidas
Muro SE PB 2	Fachada	15.75	0.39	Conocidas
Muro NE PB 2	Fachada	18.0	0.39	Conocidas

## Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m²]	Transmitancia [W/m²·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Hueco 1.6x1.2	Hueco	1.92	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 1.6x1.2 NO PB	Hueco	1.92	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 0.8x1.2 NO P1	Hueco	0.96	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x0.6 NE PB	Hueco	1.08	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x0.6 NE P1	Hueco	1.08	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x0.6 SO PB	Hueco	1.08	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x2.1 SO PB	Hueco	7.56	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 1.8x2.1 SE P1	Hueco	3.78	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 2.5x2.1 SO PB	Hueco	5.25	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 1.6x1.2 NO P11	Hueco	3.84	1.14	0.64	Conocido	Conocido
Hueco 0.8x1.2 NO PB	Hueco	0.96	1.14	0.64	Conocido	Conocido

## 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Condensación	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	800.0
---	-------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Condensación	24.0	61.8	Gas Natural	Estimado
<b>TOTALES</b>	ACS				





## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>&lt; 12.2 A</div><div>12.2-19.9 B</div><div>19.9-30.8 C</div><div>30.8-47.3 D</div><div>47.3-83.7 E</div><div>83.7-100.4 F</div><div>≥ 100.4 G</div></div>	<div>82.1 E</div>	CALEFACCIÓN		ACS		
		<div>Emisiones calefacción [kgCO2/m² año]</div>	E	<div>Emisiones ACS [kgCO2/m² año]</div>	G	
		47.50		33.35		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		<div>Emisiones globales [kgCO2/m² año]</div>	<div>Emisiones refrigeración [kgCO2/m² año]</div>	A	<div>Emisiones iluminación [kgCO2/m² año]</div>	-
			1.21		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
Emisiones CO <sub>2</sub> por consumo eléctrico	1.21	233.69
Emisiones CO <sub>2</sub> por otros combustibles	80.85	15603.09

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<div><div>&lt; 54.2 A</div><div>54.2-87.8 B</div><div>87.8-136.1 C</div><div>136.1-209.3 D</div><div>209.3-375.6 E</div><div>375.6-473.2 F</div><div>≥ 473.2 G</div></div>	<div>388.9 F</div>	CALEFACCIÓN		ACS		
		Energía primaria calefacción [kWh/m² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m² año]	G	
		224.29		157.47		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]	Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]	A	Energía primaria iluminación [kWh/m² año]	-
			7.15		-	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<div><div>&lt; 28.9 A</div><div>28.9-46.8 B</div><div>46.8-72.6 C</div><div>72.6-111.6 D</div><div>111.6-178.3 E</div><div>178.3-208.6 F</div><div>≥ 208.6 G</div></div>	<div>116.5 E</div>	<div><div>&lt; 10.0 A</div><div>10.0-14.3 B</div><div>14.3-20.4 C</div><div>20.4-29.7 D</div><div>29.7-36.7 E</div><div>36.7-45.1 F</div><div>≥ 45.1 G</div></div>	<div>7.3 A</div>
Demanda de calefacción [kWh/m² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m² año]	

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

**ANEXO III**  
**RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**Apartado no definido**

## ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	27/08/2017
--	------------

COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR
--------------------------------------